

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

21.6.2004

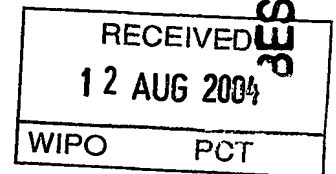
BEST AVAILABLE COPY

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

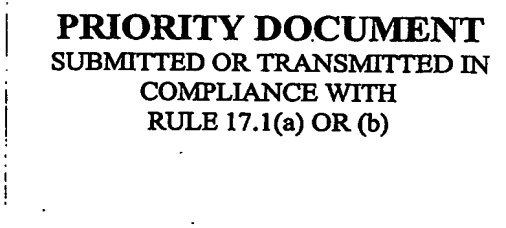
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 1月26日  
Date of Application:

出願番号 特願2004-016831  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2004-016831]



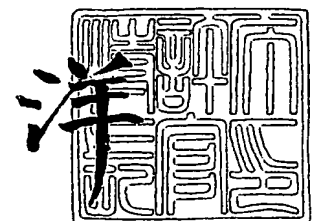
出願人 日本電信電話株式会社  
Applicant(s):



2004年 7月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 NTTH156781  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G09G 5/36  
G09G 5/38  
H04N 13/04  
G06F 3/14  
G02B 27/22

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内  
【氏名】 國田 豊

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内  
【氏名】 陶山 史朗

【特許出願人】  
【識別番号】 000004226  
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100083552  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 秋田 収喜

【選任した代理人】  
【識別番号】 100103746  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 近野 恵一  
【電話番号】 03-3893-6221

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 014579  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

複数の異なる視点から被写体を撮影した画像を取得するステップと、前記複数枚の画像から前記被写体の 3 次元形状を取得するステップと、取得した前記被写体の 3 次元形状に基づいて、観察者の視点から見た前記被写体の画像を生成するステップとを有する画像生成方法であって、

前記被写体の 3 次元形状を取得するステップは、仮想的な 3 次元空間上に多層構造の投影面を設定するステップと、前記被写体の 3 次元形状を取得するための基準視点を決定するステップと、前記投影面上の点（以下、投影点という）と対応する前記取得した画像上の点（以下、対応点という）の色情報または輝度情報から、前記投影点の色情報を決定するステップと、前記投影点と対応する対応点間の相関度を算出するステップと、前記基準視点から見て重なり合う複数の投影点について、前記各投影点の相関度に基づいて、前記各投影点に物体の表面が存在する確率（以下、存在確率という）を決定するステップとを有し、

前記相関度を算出するステップは、前記複数の視点の中から選んだいくつかの視点の組み合わせ（以下、カメラセットという）を複数組用意するステップと、前記各カメラセットに含まれる画像上の対応点から相関度を求めるステップとを有し、

前記存在確率を決定するステップは、前記カメラセット毎に求めた前記各投影点の相関度に基づいた存在確率を算出するステップと、前記カメラセット毎に決定した存在確率の統合処理をして前記各投影点の存在確率を決定するステップとを有することを特徴とする画像生成方法。

**【請求項 2】**

前記カメラセット毎に求めた前記各投影点の相関度に基づいた存在確率を算出するステップは、前記カメラセット毎に算出した前記各投影点の相関度から評価基準値を算出するステップと、前記カメラセット毎に算出した前記各投影点の評価基準値の統計処理を行って存在確率の分布関数を算出するステップと、前記存在確率の分布関数に基づいて前記各投影点の存在確率を決定するステップとを有することを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示方法。

**【請求項 3】**

前記観察者の視点から見た前記被写体の画像を生成するステップは、前記観察者の視点から見て重なり合う各投影点の色情報または輝度情報を前記存在確率の高さに応じた割合で混合して、生成する画像上の点の色情報または輝度情報を決定し、1 枚の 2 次元画像を生成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の画像生成方法。

**【請求項 4】**

前記観察者の視点から見た前記被写体の画像を生成するステップは、前記観察者の視点から見て奥行きが異なる位置に、複数枚の画像生成面を設定するステップと、前記観察者の視点から見て重なり合う前記各投影点及び前記各画像生成面上の点の位置関係に基づいて、各投影点の色情報または輝度情報、及び存在確率を前記各画像生成面上の色情報または輝度情報、及び輝度分配係数に変換するステップとを有することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の画像生成方法。

**【請求項 5】**

複数の異なる視点から被写体を撮影した画像を取得する被写体画像取得手段と、前記複数枚の画像から前記被写体の 3 次元形状を取得する 3 次元形状取得手段と、取得した前記被写体の 3 次元形状に基づいて、観察者の視点から見た前記被写体の画像を生成する被写体画像生成手段とを備える画像生成装置であって、

前記 3 次元形状取得手段は、仮想的な 3 次元空間上に多層構造の投影面を設定する手段と、前記被写体の 3 次元形状を取得するための基準視点を決定する手段と、前記投影面上の点（以下、投影点という）と対応する前記取得した画像上の点（以下、対応点という）の色情報または輝度情報から、前記投影点の色情報または輝度情報を決定する手段と、前記投影点と対応する対応点間の相関度を算出する手段と、前記基準視点から見て重なり合

う複数の投影点について、前記各投影点の相関度に基づいて、前記各投影点に物体の表面が存在する確率（以下、存在確率という）を決定する手段とを備え、

前記相関度を算出する手段は、前記複数の視点の中から選んだいくつかの視点の組み合わせ（以下、カメラセットという）を複数組用意する手段と、前記各カメラセットに含まれる画像上の対応点から相関度を求める手段とを備え、

前記存在確率を決定する手段は、前記カメラセット毎に求めた前記各投影点の相関度に基づいた存在確率を算出する手段と、前記カメラセット毎に決定した存在確率の統合処理をして前記各投影点の存在確率を決定する手段とを備えることを特徴とする画像生成装置。

【請求項 6】

前記カメラセット毎に求めた前記各投影点の相関度に基づいた存在確率を算出する手段は、前記カメラセット毎に算出した前記各投影点の相関度から評価基準値を算出する手段と、前記カメラセット毎に算出した前記各投影点の評価基準値の統計処理を行って存在確率の分布関数を算出する手段と、前記存在確率の分布関数に基づいて前記各投影点の存在確率を決定する手段とを有することを特徴とする請求項 5 に記載の画像生成装置。

【請求項 7】

前記観察者の視点から見た前記被写体の画像を生成する手段は、前記観察者の視点から見て重なり合う各投影点の色情報または輝度情報を前記存在確率の高さに応じた割合で混合して、生成する画像上の点の色情報または輝度情報を決定し、1枚の2次元画像を生成する手段であることを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の画像生成装置。

【請求項 8】

前記観察者の視点から見た前記被写体の画像を生成する手段は、前記観察者の視点から見て奥行きが異なる位置に、複数枚の画像生成面を設定する手段と、前記観察者の視点から見て重なり合う前記各投影点及び前記各画像生成面上の点の位置関係に基づいて、各投影点の色情報または輝度情報、及び存在確率を前記各画像生成面上の色情報または輝度情報、及び輝度分配係数に変換する手段とを備えることを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の画像生成装置。

【請求項 9】

前記請求項 1 乃至請求項 4 に記載された各ステップを、コンピュータに実行させる画像生成プログラム。

【請求項 10】

前記請求項 9 に記載の画像生成プログラムが、コンピュータで読み取り可能な状態で記録された記録媒体。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】画像生成方法、画像生成装置、画像生成プログラム、及び記録媒体

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、画像生成方法、画像生成装置、画像生成プログラム、及び記録媒体に関し、特に、視点が異なる複数枚の画像から被写体の3次元形状を取得し、それをもとにして画像を生成する方法に適用して有効な技術に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、複数の異なる視点から物体を撮影した画像を用いて、前記物体の3次元像を表示する、あるいは任意の視点から前記物体を見たときの画像を表示する画像表示方法がある。

## 【0003】

前記物体の3次元像を表示する方法としては、例えば、DFD (Depth Fusion Display) のように、複数枚の画像表示面を持つディスプレイを用いる方法がある。前記DFDは、複数枚の画像表示面を、ある間隔で重ね合わせたディスプレイである（例えば、特許文献1を参照。）。また、前記DFDには、大きく分けて、輝度変調型と透過型がある。

## 【0004】

前記DFDに前記物体の画像を表示するときには、例えば、表示する物体の2次元画像を各画像表示面上に表示する。このとき、前記DFDが輝度変調型であれば、前記各表示面上の、あらかじめ設定された観察者の視点（基準視点）から見て重なる画素の輝度を、前記物体の奥行き方向の形状に応じた割合に設定して表示する。こうすると、前記物体上のある点は、観察者から見て手前にある画像表示面の画素の輝度が大きくなり、また別の点は、観察者から見て奥の表示面の画素の輝度が大きくなる。その結果、前記DFDの各画像表示面上に表示される画像を観察する観察者は、前記物体の立体的な画像（3次元像）を観察することができる。

## 【0005】

また、前記DFDが透過型であれば、前記各画像表示面上の、あらかじめ設定された観察者の視点（基準視点）から見て重なる画素の透過度を、前記物体の奥行き方向の形状に応じた割合に設定して表示する。

## 【0006】

また、前記物体の3次元像を表示する方法としては、前記DFDを用いた表示方法の他に、例えば、観察者の左右の眼の間隔に相当する視差を有する2枚の画像を、液晶ディスプレイ等の1枚の画面上に表示する方法もある。

## 【0007】

このような、物体の3次元像を表示するための画像や任意の視点から見た前記物体の画像を生成するときに、前記物体の3次元形状が、例えば、コンピュータ・グラフィックス等で生成されていて既知である場合は、そのモデルを用いて前記各画像を生成すればよい。一方、前記物体の3次元形状が既知でない場合は、前記各画像を生成する前に、前記物体の3次元形状を取得しなければならない。

## 【0008】

このとき、前記物体の3次元形状は、例えば、ステレオ法（例えば、非特許文献1を参照。）や、Shape from Silhouette と呼ばれる方法（例えば、非特許文献2を参照。）等を用いて求めている。前記ステレオ法や Shape from Silhouette と呼ばれる方法では、異なる視点から物体を撮影した複数枚の画像から、前記物体の3次元形状を取得する。

【特許文献1】特許第3022558号公報

【非特許文献1】Takeo Kanade et al.: "Virtualized Reality: Constructing Virtual Worlds from Real Scenes," IEEE MultiMedia, Vol.4, No.1, pp.34-37, 1997.

【非特許文献2】Potmesil, M.: "Generating Octree Models of 3D Objects from their Silhouettes in a Sequence of Images," CVGIP 40, pp.1-29, 1987.

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

しかしながら、前記複数枚の画像から前記物体の3次元形状を取得し、前記物体の3次元像を表示するときに用いる画像や任意の視点からの画像を生成する場合、前記ステレオ法を用いて前記物体の3次元形状を取得すると、取得した画像から表示する画像を生成し、表示するまで処理時間が長くなるという問題がある。

## 【0010】

また、前記ステレオ法を用いて物体の3次元形状を求めるときには、視点が異なる画像上で、物体上の同じ部分が写っている点の位置（座標）の対応付けを行い、三角測量の原理で前記物体上の各点の距離を推定する。ただし、前記ステレオ法で直接的に得られるのは、前記物体表面の点群である。そのため、前記物体の3次元形状を求めるには、得られた前記点群の各点同士がどのように繋がり、どのような面をなすかという構造情報を決定しなければならない。すなわち、前記物体の3次元形状を求めるときには、前記物体形状の当てはめや統計処理などの複雑な処理を行わなければならない。そのため、前記DFDに表示する画像を生成する装置には高い処理性能（計算機パワー）が必要である。

## 【0011】

また、前記ステレオ法は、物体の形状や周囲の環境の影響を受けやすく、どのような形状の物体でも、そして物体上のどの点でも信頼性の高い距離情報を得られるとは限らない。そのため、距離情報の信頼性が低い部分で、誤った距離情報を得てしまった場合、得られた物体の3次元形状が、部分的に、実際の物体の3次元形状と異なる場合がある。このように、部分的に、実際の物体の3次元形状と異なる点があると、例えば、生成した画像をDFDの各画像表示面に表示するために、前記物体上の同じ点を表示している各画素の輝度の割合を設定するときに、実際の物体の3次元形状を反映した割合にならない。そのため、前記DFDに前記物体の3次元像を表示したときに、不連続なノイズが生じて、観察者の見た目に不自然な画像になってしまうという問題がある。

## 【0012】

また、前記 Shape from Silhouette と呼ばれる方法は、原理的に、物体が凸形状であることを仮定している。そのため、物体上に凹形状の部分があると、その部分に対しては正確な3次元形状を求めることができない。また、前記 Shape from Silhouette と呼ばれる方法は、前記被写体の輪郭を正確に抽出すること自体が難しい。そのため、前記ステレオ法と同様で、前記物体の3次元形状に、実際の物体の形状と大きく異なる部分があると、前記DFDに前記物体の画像を表示したときに、不連続なノイズが生じて、観察者の見た目に不自然な画像になってしまうことがあるという問題がある。

## 【0013】

また、その他の前記物体の3次元形状を求める方法でも、前記物体の形状を推定したときに、その信頼性が低いと、その部分は実際の物体の形状と大きく異なる場合があり、生成した画像を表示したときに、観察者の見た目に不自然な画像になってしまうことがあるという問題がある。

## 【0014】

また、前述のような形状の推定の誤りによる画質の劣化を防ぐために、正確に3次元形状を求めようとすれば、複雑な処理が必要になる。そのため、前記複数枚の画像から前記物体の3次元形状を取得して画像を生成する装置には、高い処理性能が要求されるという問題がある。

## 【0015】

本発明の目的は、視点が異なる複数枚の画像から物体の3次元形状を取得して前記物体の画像を生成するときに、物体の正確な3次元形状を求めなくても、見た目に自然な画像を生成することが可能な技術を提供することにある。

## 【0016】

本発明の他の目的は、視点が異なる複数枚の画像から物体の3次元形状を取得して前記

物体の画像を生成する装置において、処理性能が低い場合でも、見た目に自然な画像を短時間で容易に生成することが可能な技術を提供することにある。

【0017】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明の画像生成方法は、複数の異なる視点から被写体を撮影した画像を取得するステップと、前記複数枚の画像から前記被写体の3次元形状を取得するステップと、取得した前記被写体の3次元形状に基づいて、観察者の視点から見た前記被写体の画像を生成するステップとを有する画像生成方法であって、前記被写体の3次元形状を取得するステップは、仮想的な3次元空間上に多層構造の投影面を設定するステップと、前記被写体の3次元形状を取得するための基準視点を決定するステップと、前記投影面上の点（以下、投影点という）と対応する前記取得した画像上の点（以下、対応点という）の色情報または輝度情報から、前記投影点の色情報または輝度情報を決定するステップと、前記投影点と対応する対応点間の相関度を算出するステップと、前記基準視点から見て重なり合う複数の投影点について、前記各投影点の相関度に基づいて、前記各投影点に物体の表面が存在する確率（以下、存在確率という）を決定するステップとを有し、前記相関度を算出するステップは、前記複数の視点の中から選んだいくつかの視点の組み合わせ（以下、カメラセットという）を複数組用意するステップと、前記各カメラセットに含まれる画像上の対応点から相関度を求めるステップとを有し、前記存在確率を決定するステップは、前記カメラセット毎に求めた前記各投影点の相関度に基づいた存在確率を算出するステップと、前記カメラセット毎に決定した存在確率の統合処理をして前記各投影点の存在確率を決定するステップとを有する。

【0019】

また、前記カメラセット毎に求めた前記各投影点の相関度に基づいた存在確率を算出するステップは、前記カメラセット毎に算出した前記各投影点の相関度から評価基準値を算出するステップと、前記カメラセット毎に算出した前記各投影点の評価基準値の統計処理を行って存在確率の分布関数を算出するステップと、前記存在確率の分布関数に基づいて前記各投影点の存在確率を決定するステップとを有する。

【発明の効果】

【0020】

本発明の画像生成方法は、前記被写体の3次元形状を取得するときに、複数の投影面を設定し、前記基準視点から見て重なり合う前記各投影面上の点（投影点）に対して、物体の表面が存在する確率（存在確率）をあたえる。すなわち、従来のように前記基準視点から見て重なり合う各投影点のうちの1つの投影面上に物体の表面があるとして正確な被写体の3次元形状を取得しようとするのではなく、前記物体の表面が前記各投影点上にある存在確率で存在するとして前記被写体の3次元形状を取得する。こうすることで、前記基準視点から見てある方向の物体の表面の距離を推定するときに、その推定の信頼性が低い部分は前記各投影点の存在確率に応じた割合で曖昧に描画される。そのため、前記物体の3次元形状に基づいて画像を生成したときに、従来のような物体表面の距離の推定を誤ったときに生じる不連続なノイズを目立ちにくくすることができ、見た目に自然な画像を生成することができる。

【0021】

またこのとき、前述のように、前記取得した画像の中から、前記カメラセットに含まれる数枚の画像から存在確率を算出すると、例えば、オクルージョン（遮蔽領域）の影響により、ある投影点の近傍にある物体の表面が、ある領域の視点からは見えない場合に、その視点から撮影した画像を取り除いた存在確率を算出することができ、前記各投影点の存在確率の信頼性が高くなる。

【0022】

また、前記存在確率を決定するときに、前記存在確率の確率密度分布がある程度想定できる場合は、前記各投影点の相関度から評価基準値を算出し、その評価基準値に対して統計処理を行うことで得られる存在確率の分布関数に基づいて存在確率を決定してもよい。このように、統計処理を行って存在確率を決定する場合、取得した画像上のノイズ（雑音）による存在確率の信頼性の低下を防ぐことができる。

#### 【0023】

また、本発明の画像生成方法では、従来の生成方法と違って、前記物体の正確な3次元形状を求めるような処理は行わない。そのため、前記複数枚の画像から被写体の3次元形状を取得した後、前記被写体の画像を生成する装置にかかる負荷を低減することができる。前記画像を生成する装置にかかる負荷を低減することができれば、例えば、一般に普及しているパーソナル・コンピュータのように、処理性能が低い装置（計算機）でも、高速で前記被写体の3次元形状を取得し、画像を生成することが可能になる。

#### 【0024】

以下、本発明について、図面を参照して実施の形態（実施例）とともに詳細に説明する。

なお、実施例を説明するための全図において、同一機能を有するものは、同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0025】

本発明の画像生成方法は、視点が異なる複数枚の画像から、前記画像に写っている物体の3次元形状を取得し、前記物体の3次元像を提示する画像、あるいは任意の視点から前記物体を見たときの画像を生成する方法である。このとき、前記物体の3次元形状は、テクスチャマッピングの手法を用い、多層構造の投影面を設定して、前記観察者の視点から物体の表面上の各点までの距離を推定する。前記物体の表面までの距離を推定するときには、例えば、前記観察者の視点から見て重なり合う各投影面上の点（以下、投影点という）に対して、前記投影点と対応する各画像上の点（以下、対応点という）の相関度を求める。そして、前記観察者の視点から見て重なり合う各投影点の相関度の高さから、前記重なり合う投影点のうち、どの投影点の近傍に前記物体の表面が存在するか推定する。ただし、本発明の画像生成方法では、前記観察者の視点から見て重なり合う複数の投影点のうち、どの投影点の近傍に前記物体の表面が存在するかということを考えるのではなく、前記各投影点の近傍に、前記各投影点の相関度の大きさに応じた割合で物体の表面が存在すると考える。このとき、本発明の画像生成方法では、前記各投影点に対する相関度から、前記各投影点もしくはその近傍に物体の表面が存在する確率（以下、存在確率という）を決定する。そして、前記被写体の3次元形状に基づいて画像を生成するときに、前記投影点の色情報を前記生成する画像上の各点の色情報に割り当てるときに、前記存在確率の高さに応じた割合で割り当てる。このようにして、前記投影面を観察している観察者から見て、前記物体表面までの距離の推定が難しい部分を曖昧に描画し、不連続なノイズ等を目立ちにくくする。

#### 【0026】

またこのとき、前記観察者の視点、もしくは物体の3次元形状を取得するための基準視点から見て重なり合う複数の投影点について、物体表面の存在確率の確率密度分布をある程度想定できるのであれば、確率密度分布を反映したパラメータ関数  $p(1)$  を用いて前記存在確率を求めてもよい。その場合、撮影した画像上のノイズ（雑音）の影響による相関度のばらつきを低減でき、存在確率の信頼性の低下を防げる。

#### 【0027】

またさらに、ある投影点に対する相関度を、全ての画像上の対応点を用いて求めるのではなく、あらかじめ定められていくつかの視点から撮影した画像上の対応点から求めれば、例えば、オクルージョン（遮蔽）により前記投影点上に物体の表面があっても写らない画像を取り除くことで、前記相関度の高さの信頼性が向上し、前記存在確率の信頼性も向上する。



## 【0028】

図1乃至図8は、本発明の画像表示方法の原理を説明するための模式図であり、図1は表示する画像の生成方法の概念を説明する図、図2は図1を2次的に表現した図、図3(a)及び図3(b)は対応点の相関度の求め方を説明する図、図4(a)及び図4(b)は対応点の相関度を求めるときに問題となる点を説明する図、図5は相関度を求めるときの問題を解決する方法を説明する図、図6(a)及び図6(b)は存在確率の精度を向上させる方法の一例を説明する図、図7(a)、図7(b)、及び図8は本発明の特徴を説明する図である。

## 【0029】

本発明の画像表示方法では、表示する画像を生成するとき、まず、コンピュータ等の画像生成装置内に仮想的な3次元空間を設定し、前記3次元空間上に、前記物体の画像を撮影したカメラの視点 $C_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ )、及び物体の3次元形状を推定する多層構造の投影面 $L_j$  ( $j=1, 2, \dots, M$ )を設定する。このとき、前記カメラがある1本の直線上に並んでいるとすれば、前記視点 $C_i$ は、例えば、図1及び図2に示すように、X軸( $Z=0$ )上に設定する。また、前記投影面 $L_j$ は、例えば、図1及び図2に示すように、XY平面に平行な平面を、 $Z=1_j$  ( $<0$ )に設定する。

## 【0030】

このとき、図1及び図2に示したように、観察者の視点Pから引いた直線 $l_p$ とある投影面 $L_m$ の交点(投影点) $T_m$ に物体の表面があれば、その点は、前記視点 $C_i$ に設置したカメラで撮影した画像上の点(対応点) $G_{i,m}$ に写るはずである。同様に、前記投影点 $T_m$ に物体の表面があれば、その点は、前記視点 $C_{i+1}$ 、 $C_{i+2}$ に設置したカメラで撮影した画像上ではそれぞれ、対応点 $G_{i+1,m}$ 、 $G_{i+2,m}$ に写るはずである。そのため、前記投影点 $T_m$ に対する前記各画像上の対応点 $G_{i,m}$ 、 $G_{i+1,m}$ 、 $G_{i+2,m}$ の相関度(類似度)がわかれば、前記投影点 $T_m$ 上もしくはその近傍に物体の表面が存在するかどうか推定することができる。そして、このような推定を、前記観察者の視点Pから引いた直線 $l_p$ 上の各投影点 $T_j$ に対して行えば、前記観察者の視点Pから引いた直線 $l_p$ 上では、物体の表面がどの投影点 $T_j$ (投影面 $L_j$ )の近傍にあるか推定できる。

## 【0031】

前記観察者の視点Pから引いた直線 $l_p$ 上で、物体の表面がどの投影点 $T_j$ (投影面 $L_j$ )の近傍にあるか推定するときには、例えば、前記投影点 $T_j$ と対応する各対応点 $G_{i,j}$ の相関度 $Q_j$ を用いる。前記相関度 $Q_j$ は、例えば、下記数式1を用いて求める。

## 【0032】

## 【数1】

【数1】

$$Q_j = \sum_{i=1}^N (K_j - K_{ij})^2$$

ここで、 $I$ は各カメラの視点 $C_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ )のうち画像面上に前記投影点 $T_j$ に対する対応点 $G_{i,j}$ を定義できる視点 $C_i$ の組み合わせ、 $K_{ij}$ は各対応点 $G_{i,j}$ の色情報、 $K_j$ は投影点 $T_j$ の色情報で前記各対応点 $G_{i,j}$ の色情報 $K_{ij}$ の平均値とする。

## 【0033】

このとき、設定した投影面 $L_j$ に、実際の物体の表面形状を重ね合わせると、例えば、図3(a)のようになる場合を考えてみる。このとき、前記観察者の視点Pから引いた直線 $l_p$ 上の投影点 $T_j$ のうち、前記カメラの視点 $C_i$ 、 $C_{i+1}$ 、 $C_{i+2}$ から見える物体表面に最も近い投影点は投影点 $T_m$ である。そのため、前記投影点 $T_m$ に対する対応点 $G_{i,m}$ 、 $G_{i+1,m}$ 、 $G_{i+2,m}$ のそれぞれに写っている物体表面上の点は、図3(a)に示したように、非常に近い位置関係にある。一方、例えば、投影面 $L_2$ に対する対応点のそれぞれに写っている物体表面上の点は、離れた位置関係にある。その結果、前記数式1を用いて、前記直線 $l_p$ 上の各投影点 $T_j$ の相関度 $Q_j$ を求めると、図3(b)に示すように、前記投影点

$T_m$ の相関度 $Q_m$ だけが非常に小さな値となる。そのため、前記観察者の視点Pから前記直線 $l_p$ の方向を見たときに、物体の表面は、前記投影点 $T_m$ 、すなわち前記投影面 $L_m$ が設定されている距離 $l_m$ の位置にあると推定できる。

【0034】

そこで、前記観察者の視点Pから様々な方向に直線 $l_p$ を引き、各直線 $l_p$ 上の投影点 $T_j$ に対して、同様の処理を繰り返せば、前記画像に写っている物体の表面形状を推定することができる。

【0035】

ただし、このような推定方法が有効である、すなわち推定した物体の表面形状の信頼性が高いのは、図3(a)及び図3(b)に示したように、実際の物体の表面形状が比較的に単純な場合だけであり、物体の形状が複雑であったり、複数の物体が観察者の視点Pから見て重なっている場合には、推定した物体の表面形状の信頼性が低くなる。

【0036】

ここで、推定した物体の表面形状の信頼性が低くなる例として、2個の物体が観察者の視点Pから見て重なっており、設定した投影面 $L_j$ と、2個の物体の表面形状を重ね合わせると、例えば、図4(a)のようになる場合を考えてみる。このとき、図4(a)において破線で示している観察者の視点Pから引いた直線 $l_p$ 上の投影点 $T_j$ に対して相関度 $Q_j$ を求めれば、例えば、図3(b)に示したような分布になると考えられる。そのため、前記直線 $l_p$ の付近では、推定した物体Aの表面形状の信頼性が高いと考えられる。

【0037】

ところが、例えば、図4(a)において実線で示している観察者の視点Pから引いた直線 $l_p'$ 上の投影点 $T'_m$ に対して相関度 $Q'_m$ を求める場合、視点 $C_i$ から撮影した画像の対応点 $G'_{i,m}$ には物体Bの表面が写っており、前記視点 $C_{i+1,m}$ 、 $C_{i+2,m}$ から撮影した画像の対応点 $G'_{i+1,m}$ 、 $G'_{i+2,m}$ には物体Aの表面が写っている。このような場合、前記数式1から求めた相関度 $Q'_m$ は大きくなってしまふ。その結果、前記直線 $l_p'$ 上の投影点 $T'_j$ の相関度 $Q'_j$ の分布は、図4(b)に示したようになり、どの投影点 $T_j$ の近傍に物体の表面があるか推定することが難しい。このとき、図3(b)に示したような分布の場合と同様に、相関度 $Q'_j$ が最も小さい投影点 $T'_j$ の近傍に物体の表面があると推定すると、その推定が誤りであった場合、表示する画像上に不連続なノイズとなって現れてしまふ。

【0038】

そこで、本発明の画像表示方法では、例えば、前記相関度 $Q_j$ が最も小さい投影点 $T_j$ もしくはその近傍に物体の表面があるという推定をせず、各投影点 $T_j$ に、前記相関度 $Q_j$ の大きさの割合に応じた確率で物体の表面が存在すると考える。このとき、前記投影点 $T_j$ もしくはその近傍に物体の表面が存在する確率（存在確率）を $\beta_j$ とすると、前記観察者の視点Pから引いた直線 $l_p$ 上の投影点、すなわち前記観察者の視点Pから見て重なり合う投影点 $T_j$ の存在確率 $\beta_j$ は、下記数式2及び数式3のような条件を満たす必要がある。

【0039】

【数2】

【数2】

$$0 \leq \beta_j \leq 1$$

【0040】

【数 3】

【数 3】

$$\sum_{j=1}^M \beta_j = 1$$

【0041】

さらに、投影点  $T_j$  のうち、物体表面が存在する確率が高い投影点ほど、前記存在確率  $\beta_j$  が 1 に近い値をとるようにするためには、前記各投影点  $T_j$  の相関度  $Q_j$  に対して、例えば、下記数式 4 及び数式 5 で表される変換処理を行って、前記各投影点  $T_j$  の存在確率  $\beta_j$  を決定する。

【0042】

【数 4】

【数 4】

$$\tilde{\beta}_j = \frac{1}{Q_j}$$

【0043】

【数 5】

【数 5】

$$\beta_j = \frac{\beta_j}{\sum_{j=1}^M \tilde{\beta}_j}$$

【0044】

ただし、前記存在確率  $\beta_j$  は、前記数式 2 及び数式 3 の条件を満たしていればよい。そのため、前記存在確率  $\beta_j$  は、前記数式 4 及び数式 5 で表される変換処理以外の方法で決定してもよい。

【0045】

このような処理により、前記各投影点  $T_j$  もしくはその近傍に物体の表面が存在する確率  $\beta_j$  を決定すると、例えば、図 5 に示すように、前記観察者の視点  $P$  から引いたある直線  $l_p$  上の各投影点  $T_j$  に対する色情報  $K_j$  及び存在確率  $\beta_j$  が決定する。

【0046】

こうして推定した物体の 3 次元形状を用いて、例えば、輝度変調型の DFD に前記物体の 3 次元像を表示する場合は、複数の表示面のうちの、前記各投影点  $T_j$  に相当する画素を、色情報  $K_j$ 、前記存在確率  $\beta_j$  に応じた輝度で表示する。こうすると、前記直線  $l_p$  上の各投影点  $T_j$  の相関度  $Q_j$  が、例えば、図 3 (b) に示したように、ある投影点  $T_m$  の相関度  $Q_m$  の値だけ、他の相関度の値と著しく異なる場合、その投影点  $T_m$  の存在確率  $\beta_m$  だけ大きな値をとる。そのため、前記投影点  $T_m$  に相当する画素の輝度だけが大きくなり、前記観察者の視点  $P$  から前記投影面  $L_j$  を見ている観察者の見た目に明瞭にうつる。

【0047】

一方、前記直線  $l_p$  の各投影点  $T_j$  の相関度  $Q_j$  が、例えば、図 4 (b) に示したようになり、どの投影点  $T_j$  の近傍に物体の表面があるか推定することが難しい場合、同程度の存在確率になる投影点が複数個現れる。そのため、複数の投影面  $L_j$  上の投影点  $T_j$  に相当する画素が同程度の輝度で表示され、前記観察者の視点  $P$  から前記投影面  $L_j$  を見ている

観察者の見た目には、距離感が曖昧にうつる。しかしながら、観察者の視点Pから見て重なる複数の投影点に物体の表面像を表示するので、物体表面までの距離の推定を誤ることによって生じるような不連続なノイズにはならない。そのため、表示する物体の正確な3次元形状を求めなくても、観察者の見た目に自然な物体の3次元像を表示することができる。

【0048】

また、前記手順で推定した物体の3次元形状を用いて、任意の視点から前記物体を見たときの二次元画像（任意視点画像）を表示する場合には、例えば、前記観察者の視点Pから引いた直線 $l_p$ 上の各投影点 $T_j$ の色情報 $K_j$ を前記存在確率 $\beta_j$ の割合で混合した色情報を、前記直線 $l_p$ と表示する画像の画像面との交点の色情報とすればよい。

【0049】

また、前記存在確率 $\beta_j$ を決定するときに、物体の表面が存在する確率の確率密度分布をある程度想定することができるのであれば、前記数式4及び数式5で決定した前記各投影点 $T_j$ の存在確率 $\beta_j$ に、前記物体の形状分布に基づいた統計処理を行うことで、前記各視点 $C_i$ で撮影した画像のノイズ（雑音）による推定の誤差を低減することができる。ここで、前記統計処理を行う前の存在確率と処理を行ったあとの存在確率を区別するために、前記統計処理を行う前の存在確率、すなわち前記数式4及び数式5から求めた存在確率 $\beta_j$ を、評価基準値 $\nu_j$ とする。そして、前記評価基準値 $\nu_j$ に対して統計処理を行ったあとに得られる値を存在確率 $\beta_j$ とする。

【0050】

前記数式4及び数式5から求めた評価基準値 $\nu_j$ に対して行う統計処理では、まず、例えば、図6(a)に示すように、前記評価基準値 $\nu_j$ の分布に、物体の存在確率の確率密度分布を当てはめ、存在確率の分布関数 $p(l)$ を求める。このとき、前記確率密度分布が、例えば、正規分布（ガウス分布）に従うとすれば、前記存在確率の分布関数 $p(l)$ は、下記数式6のように表すことができる。

【0051】

【数6】

【数6】

$$p(l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(l-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

ここで、 $\mu$ は平均値、 $\sigma$ は分散を表すパラメータであり、前記評価基準値 $\nu_j$ を用いて、下記数式7及び数式8のように推定することができる。

【0052】

【数7】

【数7】

$$\mu = \sum_{j=1}^M \beta_j l_j$$

【0053】

【数8】

【数8】

$$\sigma^2 = \sum_{j=1}^M (\beta_j l_j - \mu)$$

【0054】

こうして存在確率の分布関数  $p(l)$  を求めたら、例えば、下記数式 9 を用いて、前記存在確率  $\beta_j$  を決定する。

【0055】

【数 9】

【数 9】

$$\beta_j = \int_{l_j^-}^{l_j^+} p(l) dl$$

ここで、 $l_j^-$  及び  $l_j^+$  は、図 6 (b) に示すように、距離  $l_j$  にある投影面  $L_j$  に物体の表面が存在するとみなす距離の下限值及び上限値であり、例えば、下記数式 10 及び数式 11 で与える。

【0056】

【数 10】

【数 10】

$$l_j^- = \frac{l_{j-1} + l_j}{2}, \quad l_1^- = -\infty$$

【0057】

【数 11】

【数 11】

$$l_j^+ = \frac{l_j + l_{j+1}}{2}, \quad l_M^+ = \infty$$

【0058】

前記数式 6 から数式 11 の関係を用いて求めた前記存在確率  $\beta_j$  に基づいて、前記 DFD に物体の 3 次元像を表示したり、任意の視点から見た 2 次元画像を表示したりすることで、もとの画像、すなわち前記視点  $C_i$  から前記物体を撮影した画像のノイズの影響を低減した画像を表示することができる。

【0059】

また、例えば、図 4 (a) 及び図 4 (b) に示したように、物体のオクルージョン（遮蔽）により、ある投影点  $T_j$  に対する対応点  $G_{i,j}$  の中に、他の対応点とは異なる物体がうつつているような場合、その対応点を除外して相関度  $Q_j$  を求めれば、比較的信頼性の高い推定をすることができると考えられる。ここで、図 4 (a) のような場合を考えてみると、いままで説明した方法では、前記観察者の視点  $P$  から引いた直線  $lp'$  上の投影点  $T'_m$  の相関度  $Q'_m$  を求めるときに、前記物体 A の表面でなく、物体 B の表面がうつつている対応点  $G_{i,m}$  も用いて求める。そのため、前記数式 1 から求めた相関度  $Q'_m$  は大きくなり、前記直線  $lp'$  で物体の表面が存在する距離を推定することが難しかった。

【0060】

そこで、例えば、図 7 (a) に示すように、前記物体 B の表面がうつつている対応点  $G_{i,m}$  を除外して前記投影点  $T_m$  に関する相関度  $Q_m$  を求める。このとき、図 7 (a) に示した例では、前記投影点  $T_m$  に対する対応点  $G_{i+1,m}$ 、 $G_{i+2,m}$  を用いて相関度  $Q_m$  を求めることになる。こうすると、前記対応点  $G_{i+1,m}$ 、 $G_{i+2,m}$  には、前記物体 A の表面の非常に近い点がうつつているので、前記数式 1 から相関度  $Q'_j$  を求めれば、図 7 (b) に示すように、投影点  $T'_m$  の相関度  $Q'_m$  だけが他の投影点の相関度よりも小さいような分布になる。そのため、オクルージョンの影響を低減し、実際の物体の表面形状に近い 3 次元形状を推定することができる。

## 【0061】

またこのとき、前記相関度  $Q_j$  を求めるための対応点  $G_{i,j}$  (視点  $C_i$ ) の組み合わせ  $\Xi$  を何通りか設定しておき、前記観察者の視点  $P$  から引いたある直線  $l_p$  上の各投影点  $T_j$  の相関度  $Q_j$  を、全ての組み合わせ  $\Xi$  の場合について求め、その結果を統合して、最終的な存在確率を求める。一般に、対応点  $G_{i,j}$  (視点  $C_i$ ) の組み合わせを  $\Xi_h$  ( $h \in H$ ) とし、前記各組み合わせ  $\Xi_h$  を用いて求めた前記直線  $l_p$  上の存在確率の分布関数を  $p_h(l)$ 、前記各分布関数  $p_h(l)$  から求めた存在確率を  $\beta_{j,h}$  とすれば、統合された存在確率  $\beta_j$  は下記数式 12 から求めることができる。

## 【0062】

## 【数 12】

## 【数 12】

$$\beta_j = \frac{\sum_{h \in H} \beta_{j,h}}{\sum_{h \in H} 1}$$

## 【0063】

また、前記投影点  $T_j$  の色情報  $K_j$  は、例えば、前記組み合わせ組み合わせ  $\Xi_h$  毎に求めた色情報  $K_{j,h}$  及び存在確率  $\beta_{j,h}$  から、例えば、下記数式 13 を用いて決定できる。

## 【0064】

## 【数 13】

## 【数 13】

$$K_j = \frac{\sum_{h \in H} \beta_{j,h} K_{j,h}}{\sum_{h \in H} \beta_{j,h}}$$

## 【0065】

こうすると、例えば、図 8 に示すように、ある組み合わせ  $\Xi_h$  で求めた物体表面までの距離の推定の信頼性が高く明瞭なピークが現れる分布関数  $p_h(l)$  が、別の組み合わせ  $\Xi_{h'}$  で求めた物体表面までの距離の推定の信頼性が低い分布関数  $p_{h'}(l)$  の影響を受けにくい。そのため、全体として前記観察者の視点から表示する物体上の各点までの距離の推定の信頼性が向上する。

## 【実施例 1】

## 【0066】

図 9 乃至図 14 は、本発明による実施例 1 の画像生成方法を説明するための模式図であり、図 9 は全体的な処理手順の一例を示すフロー図、図 10 は図 9 における投影点の色情報及び存在確率を決定するステップの処理手順の一例を示すフロー図、図 11 は図 10 における存在確率を決定するステップの一例を示すフロー図、図 12 はカメラセットの設定例を示す図、図 13、図 14 (a)、及び図 14 (b) は投影面の情報を表示面の情報に変換する方法を説明する図である。

## 【0067】

本実施例 1 の画像生成方法は、複数の視点から撮影した画像を用いて、前記画像に写っている物体の 3 次元形状を取得し、取得した前記物体の 3 次元形状に基づいて、例えば、DFD のように複数の画像表示面を持つ画像表示手段の各画像表示面に表示する 2 次元画像を生成する方法である。

## 【0068】

このとき、前記画像生成方法は、例えば、図 9 に示すように、視点  $C_i$  から撮影した物

体の画像を取得するステップ1と、観察者の視点Pを設定するステップ2と、前記物体の3次元形状を取得するステップ3と、取得した3次元形状を表現する投影面上の点（投影点）の色情報及び存在確率を画像表示面上の点（表示点）の色情報及び存在確率に変換して前記画像表示面に表示する2次元画像を生成するステップ4と、画像表示面上の表示点を色情報、存在確率に応じた輝度または透明度で表示させるステップ5とを有する。

#### 【0069】

また、前記ステップ3は、例えば、図9に示すように、多層構造の投影面 $L_j$ を設定するステップ301と、物体の3次元形状を取得するための基準視点を決定するステップ302と、前記基準視点から見て重なる各投影面 $L_j$ 上の投影点 $T_j$ の組でなる投影点列及び前記投影点列の各投影点 $T_j$ に対応する取得した各画像上の対応点 $G_{i,j}$ を設定するステップ303と、前記各投影点 $T_j$ の相関度 $Q_j$ を求めるための視点 $C_i$ の組み合わせ（以下、カメラセットという） $\Xi_h$ を決定するステップ304と、前記投影点 $T_j$ の色情報及び存在確率を格納する配列を確保するステップ305と、前記投影点 $T_j$ の色情報及び存在確率を決定するステップ306とを有する。

#### 【0070】

また、前記ステップ306は、例えば、図10に示すように、前記投影点列を初期化するステップ30601と、前記カメラセット $\Xi_h$ 及び投票データを初期化するステップ30602と、前記投影点列上の投影点 $T_j$ を初期化するステップ30603と、前記投影点 $T_j$ の色情報を決定するステップ30604と、前記投影点 $T_j$ に対する対応点 $G_{i,j}$ のうち、前記カメラセット $\Xi_h$ の組み合わせに含まれる対応点を用いて相関度 $Q_{j,h}$ を算出するステップ30605と、処理の対象となっている投影点列上の全ての投影点 $T_j$ に対して前記ステップ30604及びステップ30605の処理を繰り返し行わせるステップ30606と、前記カメラセット $\Xi_h$ で求めた各相関度 $Q_{j,h}$ を投票するステップ30607と、カメラセット $\Xi_h$ を更新し、全てのカメラセットで前記ステップ30604からステップ30607までの処理を繰り返し行わせるステップ30608と、前記ステップ30607で投票した相関度 $Q_{j,h}$ に基づいて前記各投影点 $T_j$ の存在確率を決定するステップ30609と、投影点列を更新し、全ての投影点列に対して前記ステップ30602からステップ30609までの処理を繰り返し行わせるステップ30610とを有する。

#### 【0071】

またさらに、前記ステップ30609は、図11に示すように、カメラセット $\Xi_h$ を初期化するステップ30609aと、前記カメラセット $\Xi_h$ を用いて求めた相関度 $Q_{j,h}$ から評価基準値 $\nu_{j,h}$ を算出するステップ30609bと、前記評価基準値 $\nu_{j,h}$ の統計処理により存在確率の分布関数 $p_h(1)$ を決定するステップ30609cと、前記存在確率の分布関数から、前記各投影点 $T_j$ の存在確率 $\beta_{j,h}$ を決定するステップ30609dと、前記カメラセット $\Xi_h$ を更新し、前記ステップ30609bからステップ30609dまでの処理を繰り返し行わせるステップ30609eと、前記各カメラセット $\Xi_h$ で求めた存在確率 $\beta_{j,h}$ を統合して、前記各投影点 $T_j$ の存在確率 $\beta_j$ を決定するステップ30609fとを有する。

#### 【0072】

本実施例1の画像生成方法を用いて、例えば、前記DFDの各画像表示面に表示する2次元画像を生成するときには、まず、複数の異なる視点 $C_i$  ( $i=1,2,\dots,N$ ) に設置したカメラで物体を撮影した画像を取得する（ステップ1）。このとき、前記視点 $C_i$ は画像を撮影するカメラの設置位置とし、例えば、図1に示したように、ある1つの直線上に1次的に並んでいるとする。またこのとき、前記カメラの視点 $C_i$ は、ある1つの直線上に限らず、複数の直線上あるいは曲線上に1次的に並んでいてもよい。また、1次的ではなく、平面上あるいは曲面上に2次元格子状に並んでいてもよい。またこのとき、取得する画像は、カラー画像であっても、白黒画像であってもよいが、本実施例1では、画像上の各点（画素）が赤（R）、緑（G）、青（B）の3原色を用いた色情報で表現されるカラー画像を取得するとして説明する。

#### 【0073】

次に、コンピュータ等の画像生成装置上の仮想空間に、DFDに表示する物体の3次元像(画像)を観察する観察者の視点Pを設定する(ステップ2)。

【0074】

次に、前記画像を生成するために用いる、物体の3次元形状を取得する(ステップ3)。前記ステップ3では、まず、前記仮想空間上に、前記物体の3次元形状(表面形状)を推定するための投影面 $L_j$ を設定する(ステップ301)。このとき、前記投影面 $L_j$ は、例えば、図1に示したように、XY平面と平行な平面として設定する。またこのとき、前記投影面 $L_j$ の設定間隔は、例えば、画像を表示するDFDの画像表示面の間隔と一致させてもよいし、一致させなくてもよい。

【0075】

次に、前記物体の3次元形状を取得するための基準視点を決定する(ステップ302)。このとき、前記基準視点は、例えば、観察者の視点としても良いし、観察者の視点以外の3次元空間上の任意の点に決定しても良い。

【0076】

次に、前記観察者の視点Pあるいは基準視点から見て重なる各投影面 $L_j$ 上の投影点 $T_j$ の組でなる投影点列、及び前記各投影点 $T_j$ と対応する前記取得した画像上の対応点 $G_{i,j}$ を設定する(ステップ303)。

【0077】

このとき、前記投影点 $T_j$ は、前記仮想空間(3次元空間)上の点 $(X_j, Y_j, Z_j)$ で表され、視点 $C_i$ から撮影した画像の画像面上に2次元の $x, y$ 座標系を考えると前記対応点 $G_{i,j}$ の座標は $(x_{i,j}, y_{i,j})$ で与えられる。このとき、前記対応点 $G_{i,j}$ の座標 $(x_{i,j}, y_{i,j})$ は、前記投影点 $(X_j, Y_j, Z_j)$ を前記視点 $C_i$ から撮影した画像の画像面上に射影して求める。この射影は、一般的な3行4列の変換行列を用いればよいので、詳細な説明は省略する。

【0078】

また、コンピュータのような画像生成装置を用いる場合、扱う画像はいわゆるデジタル画像であり、装置のメモリ上の2次元配列で表現されている。以下、前記配列の位置を表す座標系をデジタル画像座標系といい、その位置は $(u, v)$ で表す。ここで、例えば、横640画素、縦480画素のデジタル画像を考えると、前記デジタル画像上の各画素の位置は、0から639までの整数値のいずれかをとり変数 $u$ と、0から479までの整数値のいずれかをとり変数 $v$ により示される。そして、その点の色情報は、そのアドレスでの赤(R)、緑(G)、青(B)の情報を8ビット等に量子化したデータで与えられる。

【0079】

このとき、3次元の仮想空間内での前記対応点 $G_{i,j}$ の座標 $(x_{i,j}, y_{i,j})$ と、前記デジタル画像座標系 $(u, v)$ は、1対1で対応付けされ、例えば、数式14のような関係を持つ。

【0080】

【数14】

【数14】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_u & -k_u \cot \theta & u_0 \\ 0 & k_v / \sin \theta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

なお、前記数式14は、例えば、デジタル画像座標系の $u$ 軸を、 $X$ 軸と平行にとっているとする。また前記数式14において、 $k_u$ 、 $k_v$ はそれぞれ、仮想空間上の $(x, y)$ 座標系を基準にした前記デジタル画像座標系の $u$ 軸と $v$ 軸の単位長、 $\theta$ は $u$ 軸と $v$ 軸のなす角である。



## 【0081】

そこで、前記ステップ303では、前記投影点 $T_j$ の座標 $(X_j, Y_j, Z_j)$ と前記デジタル画像座標 $(u_{ij}, v_{ij})$ の対応付けを行う。この対応付けは、たとえば全ての $(u_{ij}, v_{ij})$ に対して $(X_j, Y_j, Z_j)$ の値をテーブルとして与えておいてもよいし、代表的な $(u_{ij}, v_{ij})$ に対してのみ $(X_j, Y_j, Z_j)$ の値を設定し、その他の点は、例えば、線形補完等の補完処理で求めてもよい。

## 【0082】

また、前記デジタル画像座標系では $(u, v)$ は離散値をとるが、以下の説明では、断りのない限り連続値をとることとし、前記2次元配列へアクセスするときに適当な離散化処理を行うものとする。

## 【0083】

前記ステップ303の処理が済んだら、次に、相関度 $Q_j$ を求めるときに用いるカメラの視点 $C_i$ の組み合わせ(カメラセット) $\Xi_h$ を決定する(ステップ304)。ここで、例えば、視点 $C_i$ 、すなわちカメラが、図12に示すように、 $3 \times 3$ の格子状に設置されているとすれば、前記カメラセット $\Xi_h$ は、例えば、 $\Xi_1 = \{C_1, C_2, C_3, C_5\}$ 、 $\Xi_2 = \{C_3, C_5, C_6, C_9\}$ 、 $\Xi_3 = \{C_5, C_7, C_8, C_9\}$ 、 $\Xi_4 = \{C_1, C_4, C_5, C_7\}$ の4つに決定する。

## 【0084】

なお、前記カメラセット $\Xi_h$ の決定方法は任意であり、図12に示した例では、 $\Xi_1$ 、 $\Xi_2$ 、 $\Xi_3$ 、 $\Xi_4$ だけに限らず、他のカメラセットを用意してもよい。またこのとき、前記カメラセット $\Xi_h$ は、前記カメラ(視点 $C_i$ )の設置状況に合わせてあらかじめ用意しておいてもよいし、観察者が指定してもよい。

## 【0085】

前記ステップ304の処理が済んだら、次に、例えば、前記画像生成装置のメモリ(記憶手段)上に、前記投影点 $T_j$ の色情報 $K_j$ 及び物体が存在する確率 $\beta_j$ の情報を格納する配列を確保する(ステップ305)。このとき、情報を格納する配列は、前記投影点 $T_j$ の各情報 $K_j$ 、 $\beta_j$ は、例えば、赤(R)、緑(G)、青(B)の色情報及び物体が存在する確率を、例えば、8ビットずつ持たせるような配列を確保する。

## 【0086】

前記ステップ305の処理が済んだら、次に、前記取得した複数枚の画像を用いて、前記各投影点 $T_j$ の色情報及び物体が存在する確率を決定する(ステップ306)。前記ステップ306では、例えば、ある投影点列に対して、指定したカメラセット $\Xi_h$ を用いて前記投影点列上の各投影点 $T_j$ の色情報 $K_{j,h}$ 及び相関度 $Q_{j,h}$ を求める処理を行い、その処理を全てのカメラセット $\Xi_h$ で繰り返すという処理を行う。そして、その処理を全ての投影点列に対して繰り返し行う。

## 【0087】

そこで、前記ステップ306では、まず、図10に示すように、投影点列を初期化する(ステップ30601)。

## 【0088】

次に、カメラセット $\Xi_h$ 及び相関度の投票データを初期化する(ステップ30602)。

。

## 【0089】

次に、処理の対象となっている投影点列上の投影点 $T_j$ を初期化し、例えば、 $j=1$ とする(ステップ30603)。

## 【0090】

次に、選択されているカメラセット $\Xi_h$ に含まれる対応点 $G_{i,j}$ の色情報から、前記投影点 $T_j$ の色情報 $K_{j,h}$ を決定する(ステップ30604)。このとき、前記投影点 $T_j$ の色情報 $K_{j,h}$ は、例えば、前記カメラセット $\Xi_h$ に含まれる対応点 $G_{i,j}$ の色情報 $K_{i,j}$ の平均値にする。

## 【0091】

次に、前記投影点  $T_j$  と、前記選択されているカメラセット  $\Xi_h$  に含まれる対応点  $G_{i,j}$  の相関度  $Q_{j,h}$  を算出する (ステップ 30605)。このとき、前記相関度  $Q_{j,h}$  は、例えば、前記数式 1 を用いて算出する。

【0092】

次に、投影点  $T_j$  を更新し、処理の対象となっている投影点列上の全ての投影点で前記ステップ 30604 及びステップ 30605 の処理を行ったか判定する (ステップ 30606)。ここで、前記ステップ 30604 及びステップ 30605 の処理を行っていない投影点があれば、前記ステップ 30604 に戻って、処理を繰り返す。

【0093】

処理の対象となっている投影点列上の全ての投影点で前記ステップ 30604 及びステップ 30605 の処理を行ったら、その結果、すなわち選択されたカメラセット  $\Xi_h$  に含まれる対応点  $G_{i,j}$  から求めた色情報  $K_{j,h}$  及び相関度  $Q_{j,h}$  を投票する (ステップ 30607)。

【0094】

前記ステップ 30607 の処理が済んだら、次に、前記カメラセット  $\Xi_h$  を更新し、処理の対象となっている投影点列に対して、前記ステップ 30604 からステップ 30607 までの処理を行っていないカメラセットがあるか判定する (ステップ 30608)。ここで、前記ステップ 30604 からステップ 30607 までの処理を行っていないカメラセットがあれば、前記ステップ 30603 に戻って、処理を繰り返す。

【0095】

処理の対象となっている投影点列に対して、全てのカメラセット  $\Xi_h$  で、前記ステップ 30604 からステップ 30607 までの処理を行ったら、前記ステップ 30607 で投票した色情報  $K_{j,h}$  及び相関度  $Q_{j,h}$  から、投影点  $T_j$  の色情報  $K_j$  及び存在確率  $\beta_j$  を決定する (ステップ 30609)。

【0096】

前記ステップ 30609 では、例えば、図 11 に示すように、まず、カメラセット  $\Xi_h$  を初期化する (ステップ 30609a)。

【0097】

次に、カメラセット  $\Xi_h$  を用いて算出した各投影点  $T_j$  の相関度  $Q_{j,h}$  から、例えば、評価基準値  $v_{j,h}$  を算出する (ステップ 30609b)。前記評価基準値  $v_{j,h}$  は、例えば、前記数式 4 及び数式 5 表される変換処理で求める。

【0098】

次に、前記評価基準値  $v_{j,h}$  の統計処理を行い、前記カメラセット  $\Xi_h$  を用いた場合の存在確率の分布関数  $p_h(1)$  を求める (ステップ 30609c)。前記分布関数  $p_h(1)$  は、例えば、前記数式 6、数式 7、数式 8 を用いて求める。

【0099】

次に、前記カメラセット  $\Xi_h$  を用いた場合の存在確率の分布関数  $p_h(1)$  から、前記カメラセット  $\Xi_h$  を用いた場合の各投影点  $T_j$  に物体の表面が存在する確率 (存在確率)  $\beta_{j,h}$  を決定する (ステップ 30609d)。前記存在確率  $\beta_{j,h}$  は、例えば、前記数式 9、数式 10、数式 11 を用いて求める。

【0100】

次に、前記カメラセット  $\Xi_h$  を更新し、処理の対象となっている投影点列に対して、前記ステップ 30609b からステップ 30609d までの処理を行っていないカメラセット  $\Xi$  があるか判定する (ステップ 30609e)。ここで、前記ステップ 30609b からステップ 30609d までの処理を行っていないカメラセット  $\Xi$  があれば、前記ステップ 30609b に戻って、処理を繰り返す。

【0101】

処理の対象となっている投影点列に対して、前記ステップ 30609b からステップ 30609d までの処理を行ったら、その処理結果を統合して、前記投影点  $T_j$  の色情報  $K_j$  及び存在確率  $\beta_j$  を決定する (ステップ 30609f)。このとき、前記色情報  $K_j$  は、例

例えば、前記数式 13 を用いて求める。また、前記存在確率  $\beta_j$  は、例えば、前記数式 12 を用いて求める。

【0102】

前記ステップ 30609 f の処理が終了すると、前記ステップ 30609 の処理が終了する。そして次に、投影点列を更新し、前記ステップ 30602 からステップ 30609 までの処理を行っていない投影点列があるか判定する（ステップ 30610）。ここで、前記ステップ 30602 からステップ 30609 までの処理を行っていない投影点列があれば、ステップ 30602 に戻って、処理を繰り返す。

【0103】

全ての投影点列に対して、前記ステップ 30602 からステップ 30609 までの処理を行ったら、前記ステップ 306（ステップ 3）の処理が終了し、前記物体の 3 次元形状を取得することができる。

【0104】

前記ステップ 3 の処理が終わり、前記物体の 3 次元形状が得られたら、次に、前記物体の 3 次元形状に基づいて、前記 DFD の各画像表示面上に表示する 2 次元画像を生成する。前記 2 次元画像を生成するときには、例えば、図 13 に示すように、前記物体の形状を取得した仮想空間上に前記 2 次元画像を生成するための画像生成面  $LD_r$  ( $r=1, 2, \dots, R$ ) を設定する。

【0105】

ここでまず、例えば、図 13 に示すように、前記投影面  $L_j$  の設定枚数及び間隔と前記画像生成面  $LD_r$  の数及び間隔が一致する場合を考える。この場合、前記画像生成面  $LD_r$  の表示点  $A_r$  の色情報  $KD_h$  及び存在確率  $\gamma_r$  は、前記表示点  $A_r$  と一致する投影点  $T_j$  の色情報  $K_j$  及び存在確率  $\beta_j$  とすればよい。

【0106】

また、前記投影面  $L_j$  の設定間隔は、前記画像生成面  $LD_r$  の設置間隔と一致させる必要はなく、前記投影面  $L_j$  の設定枚数と前記画像生成面  $LD_r$  の設定枚数を一致させる必要もない。つまり、前記投影面  $L_j$  の設定の仕方によっては、例えば、図 14 (a) に示すように、前記投影面  $L_j$  の設置間隔と前記画像生成面  $LD_r$  の設置間隔が一致していない場合もある。このような場合、前記観察者の視点  $P$  から引いた直線  $l_r$  と前記各画像生成面  $LD_r$  の交点（表示点） $A_r$  の色情報  $KD_r$  及び存在確率  $\gamma_r$  は、次のような手順で求める。

【0107】

まず、前記各表示点  $A_r$  の色情報  $KD_r$  は、例えば、前記直線  $l_p$  上の投影点  $T_j$  であり、その表示点  $A_r$ （画像生成面  $LD_r$ ）が最も近い表示点（画像生成面）となる投影点  $T$  の色情報  $K$  の平均値にする。このとき、前記表示点  $A_r$  の色情報  $KD_r$  は、平均値の代わりに、前記表示点  $A_r$  からもっとも近い投影点  $T$  の色情報  $K$  としてもよい。

【0108】

一方、前記各表示点  $A_r$  の存在確率  $\gamma_r$  は、その表示点  $A_r$ （画像生成面  $LD_r$ ）が最も近い表示点（画像生成面）となる投影点  $T$  の存在確率  $\beta$  を足し合わせた値とする。このとき、ある画像生成面  $LD_r$  が最も近い画像生成面となる投影面  $L_j$  の集合を  $\{L_j | j \in R\}$  とおくと、前記画像生成面  $LD_r$  上の表示点  $A_r$  の存在確率  $\gamma_h$  は、前記各投影面  $L_j$  の投影点  $T_j$  の存在確率  $\beta_j$  を用いて、下記数式 15 で与えることができる。

【0109】

【数 15】

【数 15】

$$\gamma_h = \sum_j \beta_j$$

【0110】

ここで、図 14 (a) に示した場合を考えると、前記画像生成面  $LD_1$  が最も近い画像

生成面になるのは、投影面  $L_1, L_2, L_3$  である。そのため、前記表示点  $A_r$  の色情報  $KD_r$  は、例えば、投影点  $T_1, T_2, T_3$  の色情報  $K_1, K_2, K_3$  の平均値にする。また、前記表示点  $A_r$  の存在確率  $\gamma_r$  は、前記投影点  $T_1, T_2, T_3$  の存在確率  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  の和にする。同様に、前記画像生成面  $LD_2$  上の表示点  $A_2$  の色情報  $KD_2$  は、例えば、投影点  $T_4, T_5$  の色情報  $K_4, K_5$  の平均値にする。また、前記表示点  $A_2$  の存在確率  $\gamma_2$  は、前記投影点  $T_4, T_5$  の存在確率  $\beta_4, \beta_5$  の和にする。

【0111】

また、例えば、図 14 (b) に示すように、前記画像生成面  $D_r$  の設置間隔と前記投影面  $L_j$  の設定間隔が異なり、2 枚の連続した画像生成面  $LD_1, LD_2$  の間に 2 枚の投影面  $L_1, L_2$  が設定されている場合、前記各画像生成面  $LD_1, LD_2$  の表示点  $A_1, A_2$  の存在確率  $\gamma_1, \gamma_2$  は、前記各投影面  $L_j$  の投影点  $T_j$  の存在確率  $\beta_j$  を、前記投影点  $T_j$  から各画像生成面  $LD_1, LD_2$  までの距離の比に応じて分配してもよい。このとき、一般に、前記画像生成面  $LD_1, LD_2$  の間に複数枚の投影面  $L_j$  の集合を  $\{L_j | j \in J\}$  とすると、前記画像生成面  $LD_r$  上の表示点  $A_r$  の存在確率  $\gamma_r$  は、前記各投影点  $T_j$  の存在確率  $\beta_j$  を用いて、下記数式 16 で与えることができる。

【0112】

【数 16】

【数 16】

$$\gamma_h = \sum_j w_{j,r} \beta_j$$

ここで、 $w_{j,r}$  は、投影面  $L_j$  の画像生成面  $LD_r$  に対する寄与の度合いを表す係数である。

【0113】

ここで、例えば、図 14 (b) に示すように、2 枚の画像生成面  $LD_1, LD_2$  の間に、投影面  $L_1, L_2$  が設定されている場合を考える。このとき、投影面  $L_1$  から前記各画像生成面  $LD_1, LD_2$  までの距離がそれぞれ  $B_1, B_2$  であれば、前記投影面  $L_1$  の前記各画像生成面  $LD_1, LD_2$  に対する寄与の度合い  $w_{1,1}, w_{1,2}$  はそれぞれ、下記数式 17 で与えられる。

【0114】

【数 17】

【数 17】

$$w_{1,1} = \frac{B_2}{B_1 + B_2}, \quad w_{1,2} = \frac{B_1}{B_1 + B_2}$$

【0115】

同様に、投影面  $L_2$  から前記各画像生成面  $LD_1, LD_2$  までの距離がそれぞれ  $B_3, B_4$  であれば、前記投影面  $L_2$  の前記各画像生成面  $LD_1, LD_2$  に対する寄与の度合い  $w_{2,1}, w_{2,2}$  はそれぞれ、下記数式 18 で与えられる。

【0116】

【数 18】

【数 18】

$$w_{2,1} = \frac{B_4}{B_3 + B_4}, \quad w_{2,2} = \frac{B_3}{B_3 + B_4}$$

【0117】

この結果、前記画像生成面  $LD_1$  の表示点  $A_1$  の存在確率  $\gamma_1$ 、及び前記画像生成面  $LD_2$  の表示点  $A_2$  の存在確率  $\gamma_2$  はそれぞれ、下記数式 19 のようになる。

【0118】

【数19】

【数19】

$$\gamma_1 = w_{1,1}\beta_1 + w_{2,1}\beta_2, \quad \gamma_2 = w_{1,2}\beta_1 + w_{2,2}\beta_2$$

【0119】

以上のような手順により、前記ステップ4の処理を行うことで、前記DFDの各画像表示面に表示する2次元画像が得られる。そして、DFDの各画像表示面上の点(画素)を、前記各画像生成面  $LD$  上の各点に割り当てられた色情報  $A$  で表示させる(ステップ5)。このとき、前記DFDが輝度変調型であれば、前記各画像生成面  $LD_r$  の各表示点  $A_r$  の色情報  $KD_r$  を、前記存在確率  $\gamma_r$  に応じた輝度で表示させればよい。また、前記DFDが透過型の場合は、例えば、各表示点  $A_r$  の透過度を前記存在確率  $\gamma_r$  に応じた透過度に設定して表示すればよい。

【0120】

このように、図9に示したステップ1からステップ5の処理を行って、前記DFD物体の3次元像を表示した場合、前記原理のところで説明したように、物体の正確な3次元形状を求めなくても、観察者の見た目に自然な3次元像を表示することができる。

【0121】

図15乃至図17は、本実施例1の画像生成方法を適用した装置及びシステムの概略構成を示す模式図であり、図15は画像生成装置の構成例を示すブロック図、図16は画像生成装置を用いた画像表示システムの構成例を示す図、図17は画像生成装置を用いた画像表示システムの他の構成例を示す図である。

図15において、6は画像生成装置、601は被写体画像取得手段、602は基準視点設定手段、603は投影面設定手段、604は投影面情報格納領域確保手段、605は色情報/存在確率決定手段、606は投影面情報-表示面情報変換手段、607は画像出力手段、7は画像表示手段(DFD)、8は被写体画像撮影手段、9は観察者視点入力手段である。

【0122】

本実施例1の画像生成方法を適用した画像生成装置6は、例えば、図15に示すように、撮影条件が異なる複数枚の被写体画像を取得する被写体画像取得手段601と、生成する画像を見る観察者の視点を設定する観察者視点設定手段602と、存在確率を決定するための投影面、投影点列、対応点、カメラセット等を設定する投影面等設定手段603と、投影面上の点(投影点)の色情報及び存在確率を格納する領域を確保する投影面情報格納領域確保手段604と、前記投影点の色情報及び前記投影点に物体が存在する確率(存在確率)を決定する色情報/存在確率決定手段605と、前記投影点の色情報及び存在確率の情報を表示面の色情報及び存在確率に変換する投影面情報-表示面情報変換手段606と、画像出力手段607とを備える。このとき、前記画像出力手段607から出力された画像は、例えば、DFDのように、複数の重なり合う表示面を備える画像表示手段7で表示される。

【0123】

また、前記被写体画像取得手段601は、被写体画像撮影手段(カメラ)8で撮影された被写体(物体)の画像を取得する。なお、取得する画像は、前記被写体画像撮影手段8で撮影した画像を直接取得してもよいし、前記被写体画像撮影手段8で撮影した画像が記録された、磁氣的、電氣的、光学的な記録媒体から間接的に取得してもよい。

【0124】

また、前記観察者視点設定手段602は、例えば、観察者が、マウスやキーボード等の画像条件入力手段9を用いて入力した情報に基づいて、前記観察者の視点Pから前記画像

表示手段 7 までの距離や視線等の画像生成面  $L_D$  との相対的な位置関係を設定する。また、前記画像条件入力手段 9 は、前記観察者の姿勢や視線を検知して、その姿勢や視線に応じた情報を入力する手段であってもよい。

【0125】

また、前記投影面等設定手段 603 は、例えば、図 2 に示したように、視点（カメラ） $C_i$  からの距離が  $l_j$  ( $j=1, 2, \dots, M$ ) の平行な投影面  $L_j$  を設定する。また、前記投影面等設定手段 603 では、前記観察者視点設定手段 602 で設定した観察者の視点  $P$  から見て重なる各投影面  $L_j$  上の投影点  $T_j$  の組でなる投影点列や、前記投影点  $T_j$  に対応する各画像上の対応点  $G_{i,j}$  も設定する。またこのとき、前記投影面等設定手段 603 では、前記画像条件入力手段 9 により入力された条件に基づいたカメラセット  $\Sigma_h$  を設定してもよい。

【0126】

また、前記投影面情報格納領域確保手段 604 は、各投影面上の各投影点  $T_j$  の色情報  $K_j$  及び存在確率  $\beta_j$  を格納する領域を、例えば、装置内に設けられたメモリ上に確保する。

【0127】

また、前記色情報／存在確率決定手段 605 は、前述のような原理に基づいて、前記投影点  $T_j$  に対応する画像上の対応点  $G_{i,j}$  の色情報から前記投影点  $T_j$  の色情報  $K_j$  を決定するとともに、前記投影点  $T_j$  に物体の表面が存在する確率  $\beta_j$  を決定する。

【0128】

また、前記投影面情報－表示面情報変換手段 606 では、本実施例 1 で説明したように、前記投影面の色情報及び存在確率を前記画像生成面、すなわち前記画像表示手段 7 の表示面に表示する画像を生成する面上の点（表示点）の色情報及び輝度分配率に変換する。

【0129】

前記画像生成装置 6 は、本実施例 1 で説明した前記ステップ 1 から前記ステップ 5 までの処理を行って、前記 DFD に表示する画像を生成する。すなわち、前記画像生成装置 6 では、従来のような物体の正確な 3 次元形状を求める処理を行わなくてよい。そのため、高い処理能力がない装置でも、前記 DFD に表示する画像を高速に、かつ、容易に生成することができる。

【0130】

また、前記画像生成装置 6 は、例えば、コンピュータと前記コンピュータに実行させるプログラムによっても実現することができる。その場合、本実施例 1 で説明した処理手順に相当する命令が記述されたプログラムを前記コンピュータに実行させればよい。またこのとき、前記プログラムは、例えば、磁氣的、電氣的、光学的な記録媒体に記録して提供してもよいし、インターネット等のネットワークを利用して提供してもよい。

【0131】

また、前記画像生成装置 6 を用いた画像表示システムは、例えば、図 16 に示すような構成が考えられる。このとき、前記被写体画像撮影手段 8 は、観察者 User が前記画像表示手段（DFD）7 を観察している空間に近い場所に設置されていてもよいし、地理的に遠隔な場所に設置されていてもよい。前記被写体画像撮影手段 8 が地理的に遠隔な場所に設置されている場合、撮影した画像は、インターネット等のネットワークを利用して、前記画像生成装置 6 に転送すればよい。

【0132】

また、前記画像生成装置 6 を用いた画像表示システムは、図 16 に示したように、ある観察者 User が、ある被写体 Obj を観察する場合だけでなく、テレビ電話やテレビ会議といった双方向の通信システムに適用することもできる。その場合、例えば、図 17 に示すように、各観察者 User A, User B がいる空間のそれぞれに、画像生成装置 6 A, 6 B、画像表示手段（DFD）7 A, 7 B、被写体画像撮影手段 8 A, 8 B、基準視点設定手段 9 A, 9 B を設置すればよい。そして、例えば、前記各観察者 User A, User B がいる空間に設置された画像生成装置 6 A, 6 B を、インターネット等のネットワーク 10 で接続しておけ

ば、観察者User Aは、被写体画像撮影手段 8 Bで撮影された画像から生成した観察者User Bの3次元像を前記画像表示手段 7 Aで観察することができる。同様に、観察者User Bは、被写体画像撮影手段 8 Aで撮影された画像から生成した観察者User Aの3次元像を前記画像表示手段 7 Bで観察することができる。

【0133】

また、このような双方向の通信システムに適用する場合、前記各画像生成装置 6 A, 6 Bが、図 15に示したような構成になっている必要はなく、前記画像生成装置 6 A, 6 Bのどちらかは、図 15に示したような構成手段を備えていない一般的な通信端末であってもよい。また、図 15に示したような各構成手段が、前記画像生成装置 6 A, 6 Bに割り振られていてもよい。

【0134】

また、図 17に示したように、ネットワーク 10上に他の画像生成装置 6 Cが設けられていれば、前記観察者User A, User Bがいる空間に、前記画像生成装置 6 A, 6 Bが設置されていなくても、前記ネットワーク 10上の画像生成装置 6 Cを利用して、前記画像表示手段 (DFD) 7 A, 7 Bで表示する物体の3次元像を取得することができる。

【0135】

また、図 17示した画像生成システムでは、利用者がUser A, User Bの2人であるが、さらに多数の観察者(利用者)間での通信システムにも適用できる。

【0136】

また、図 16及び図 17では、前記被写体画像撮影手段 8は、4個のカメラからなる撮影手段を示しているが、前記カメラは、2個または3個であってもよいし、5個以上であってもよい。また、前記カメラの配置は、直線または曲線上に1次的に配置されていてもよいし、平面または曲面に2次元格子状に配置されていてもよい。

【0137】

以上説明したように、本実施例 1の画像生成方法によれば、表示する物体の正確な3次元形状を求めなくても、観察者の見た目に自然な3次元像を表示することができる。

【0138】

また、本実施例 1の画像生成方法では、前記カメラセット  $\Sigma_h$ を、前記ステップ 304であらかじめ設定して処理を行っているが、これに限らず、例えば、プログラムの処理により、表示する画像を生成する処理を行いながら、観察者が指定した条件に合うようなカメラセットを動的に設定してもよい。このとき、例えば、観察者が、前記画像条件入力手段から、前記相関度  $Q_j$ の分布あるいは閾値等の条件を入力し、その条件に合うようなカメラセットを探しながら前記ステップ 306の処理を行えば、前記観察者が望んでいる画像に近い3次元像を表示できると考えられる。

【0139】

また、本実施例 1の画像生成方法では、画像上の点(画素)が赤(R), 緑(G), 青(B)の3原色を用いた色情報で表現されたカラー画像を取得し、前記物体の3次元形状をする場合を例に挙げて説明したが、本実施例 1の画像表示方法では、前記カラー画像に限らず、画像上の各点(画素)が輝度(Y), 色差(U, V)を用いた表現の白黒画像を取得し、前記物体の3次元形状を取得することもできる。取得する画像が前記白黒画像の場合、前記色情報に相当する情報として、前記輝度情報(Y)を用いて、本実施例 1で説明したような手順で3次元形状を取得し、前記2次元画像を生成すればよい。

【実施例 2】

【0140】

図 18乃至図 22は、本発明による実施例 2の任意視点画像生成方法を説明するための模式図であり、図 18は全体的な処理手順の一例を示すフロー図、図 19はレンダリングの原理を説明する図、図 20は任意視点画像を生成するときに問題となる点を説明する図、図 21は任意視点画像を生成するときに問題となる点を解決する方法を説明する図、図 22は存在確率を透明度に変換する処理手順の一例を示すフロー図である。

【0141】

前記実施例 1 では、前記ステップ 3 で取得した前記被写体の 3 次元形状を用いて、前記 DFD のように複数の画像表示面を有する装置の前記各画像表示面で表示する 2 次元画像を生成する方法を例に挙げたが、前記被写体の 3 次元形状モデルは、これに限らず、任意の視点から見た前記被写体の 2 次元画像を生成するときにも用いることができる。このとき、前記実施例 1 と異なるのは、図 18 に示したように、前記ステップ 3 の後、レンダリング、すなわち前記被写体の 3 次元形状を前記観察者の視点から見た 2 次元画像にするステップ 11 の処理を行う点である。このとき、前記ステップ 1 からステップ 3 で前記被写体の 3 次元形状を取得する処理は前記実施例 1 で説明しているとおりなので、詳細な説明は省略する。

【0142】

また、本実施例 2 の任意視点画像生成方法において、レンダリングをするステップ 11 では、例えば、図 19 に示すように、前記表示する任意視点画像上の各点（画素）の色情報は、前記観察者の視点 P から見て、前記任意視点画像上の点 A と重なる投影点  $T_j$  ( $j=1, 2, \dots, M$ ) の色情報  $K_j$  を混合処理して決定する。このとき、前記混合処理は、例えば、前記各投影点  $T_j$  の色情報  $K_j$  に前記存在確率  $\beta_j$  の値で重み付けをして混合し、前記生成する画像上の点 A の色情報  $K_A$  は、例えば、下記数式 20 で算出する。

【0143】

【数 20】

【数 20】

$$K_A = \sum_{j=1}^M \beta_j K_j$$

【0144】

ただし、前記数式 20 を用いた混合処理の場合、例えば、被写体の形状や基準視点 R と仮想視点 P の位置関係によっては、生成する画像上の点の色情報が、実際の物体の表面の色情報と大きく異なったり、有効な色空間に収まらなかったりする。ここで、実際の物体上に、図 20 に示すような位置関係で、2 枚の投影面  $L_1$ ,  $L_2$ 、基準視点 R、仮想視点 P を重ね合わせた場合を考えてみる。このとき、前記基準視点 R から見て重なり合う投影点  $T_1$ ,  $T_2$  について前記実施例 1 で説明したような方法で存在確率  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  を決定すると、 $\beta_1$  はほぼ 0 になり、 $\beta_2$  はほぼ 1 になる。同様に前記基準視点 R から見て重なり合う投影点  $T'_1$ ,  $T'_2$  について前記実施例 1 で説明したような方法で存在確率  $\beta'_1$ ,  $\beta'_2$  を決定すると、 $\beta'_1$  はほぼ 1 になり、 $\beta'_2$  はほぼ 0 になる。

【0145】

このとき、前記仮想視点 P の画像面の点 A における色情報  $K_A$  は、前記数式 20 を用いると、前記仮想視点 P からみて前記画像面上の点 A と重なる投影点  $T'_1$ ,  $T_2$  の色情報  $K'_1$ ,  $K_2$  を、前記存在確率  $\beta'_1$ ,  $\beta_2$  に応じた重み付けで加算することで求まる。そうすると、今、 $\beta'_1$ ,  $\beta_2$  とともにほぼ 1 になるので、前記点 A の色情報  $K_A$  は  $K_A = K'_1 + K_2$  になる。

【0146】

しかしながら、前記仮想視点 P から前記物体  $O b_j$  を見たときには、投影点  $T'_1$  は、投影点  $T_2$  により遮蔽されているので、画像面上の点 A における本来の色情報は  $K_A = K_2$  である。つまり、生成された画像上の点 A の色情報  $K_A$  は、本来の色情報よりも  $K'_1$  の分だけ (R, G, B) の各成分の輝度が上がってしまう。

【0147】

またこのとき、前記投影点  $T'_1$ ,  $T_2$  の色情報  $K'_1$ ,  $K_2$  の各成分が大きな輝度を持つ場合、点 A の色情報  $K_A$  は有効な色空間の範囲を超えてしまう。そのため、有効な色情報の範囲内に収まるようにするクリッピング処理が必要となる。

【0148】



そこで、このような問題を解決するために、例えば、前記投影点の存在確率に基づいて、各投影点に透過から不透過までの複数の階調を持つ透明度を設定する。このとき、前記生成する画像における各点の色情報を得るための混合処理は、前記生成する画像の視点から遠い投影点から近い投影点に向かって逐次的に処理し、ある投影点までの混合処理で得られる色情報は、その投影点における色情報とそれ以前の投影点までの混合処理で得られる色情報とを前記透明度に応じた比率で内分して得る。またこのとき、前記混合処理により得られる色情報は、ある段階での色情報とその次の色情報の内分である。

【0149】

前記色情報の混合処理の原理を説明するために、例えば、色空間  $V$  に、図 21 に示すように、投影面  $L_j$  ( $j=1, 2, \dots, M$ )、投影点  $T_j$ 、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の成分を持ち投影点の色情報を表すベクトル  $K_j$  が設定されている場合を考える。このとき、前記色空間  $V$  は、下記数式 21 で表されたとする。

【0150】

【数 21】

【数 21】

$$K_j \in V, V = \{(R, G, B) | 0 \leq R \leq 1, 0 \leq G \leq 1, 0 \leq B \leq 1\}$$

【0151】

また、前記投影点  $T_j$  の透明度  $\alpha_j$  は、下記数式 22 の条件を満たすように設定されたとする。

【0152】

【数 22】

【数 22】

$$0 \leq \alpha_j \leq 1$$

【0153】

このとき、変数  $j=m$  までの混合処理で得られる色情報  $D_m$  は、下記数式 23 及び数式 24 のような漸化式で表される。そして、前記仮想視点  $P$  から見て一番手前の投影面  $L_m$ 、すなわち変数  $j=M$  まで混合したときの色情報  $D_M$  が、前記生成する画像の画像面上の点  $A$  における色情報  $K_A$  となる。

【0154】

【数 23】

【数 23】

$$D_m = \alpha_m K_m + (1 - \alpha_m) D_{m-1}$$

【0155】

【数 24】

【数 24】

$$D_1 = \alpha_1 K_1$$

【0156】

またこのとき、前記数式 22 及び数式 23 の関係から、前記色情報  $D_m$  は、色空間  $V$  においてベクトル  $K_m$  と色情報  $D_{m-1}$  の内分点である。そのため、前記色情報  $D_m$  は、図 21 (b) に示すように、 $K_m \in V$ 、 $D_{m-1} \in V$  ならば  $D_m \in V$  となる。

【0157】

すると、前記数式 21 及び数式 22 の条件を満たせば、前記仮想視点  $P$  における色情報

$D_M$ について、 $D_M \in V$ が保証される。このような保証は、数学的帰納法により証明されるが、ここでは詳細な説明は省略する。

【0158】

つまり、前記投影点  $T_j$  の色情報  $K_j$  及び透明度  $\alpha_j$  を、前記数式 2 1 及び数式 2 2 を満たすように設定すれば、前記生成する画像の点  $A$  の色情報  $D_M$  は、必ず適切な色空間  $V$  に納めることができる。

【0159】

このように、透明度  $\alpha_j$  を用いた色情報の混合処理を行うと、同一の被写体において複数の仮想視点から見た画像を生成するときに、ある 1 つの視点（基準視点）から投影点の色情報及び透明度を計算したとしても、その色情報及び透明度が、前記数式 2 1 及び数式 2 2 の条件を満たせば、生成する全ての画像を、適切な色情報の範囲で生成することができる。

【0160】

そこで、本実施例 2 の任意視点画像の生成方法では、例えば、図 10 に示したステップ 30609 の後、あるいは前記レンダリングを行うステップ 11 において、前記存在確率  $\beta_j$  を透明度  $\alpha_j$  に変換する処理を行う。

【0161】

前記存在確率  $\beta_j$  を透明度  $\alpha_j$  に変換する処理は、例えば、図 22 に示すように、まず、投影点  $T_j$  を初期化して  $j=M$  とする（ステップ 1101）。次に、前記投影点  $T_M$  の透明度  $\alpha_M$  を  $\alpha_M = \beta_M$  とする（ステップ 1102）。

【0162】

次に、変数  $j$  の値を  $j=j-1$  に更新する（ステップ 1103）。そして、透明度  $\alpha_{j+1}$  が 1 かどうかを判別する（ステップ 1104）。ここで、透明度  $\alpha_{j+1}$  が  $\alpha_{j+1} \neq 1$  であれば、例えば、下記数式 2 5 から前記透明度  $\alpha_j$  を求める（ステップ 1105）。

【0163】

【数 2 5】

【数 2 5】

$$\alpha_j = \frac{1}{\prod_{m=j+1}^M (1 - \alpha_m)} \beta_j$$

【0164】

また、前記透明度  $\alpha_{j+1}$  が 1 である場合は、例えば、 $\alpha_j = 1$  とする（ステップ 1106）。なお、前記ステップ 1105 で前記透明度  $\alpha_j$  を求めるときには、前記数式 2 5 に限らず、他の数式を用いて求めてもよい。また、詳細な説明は省略するが、前記ステップ 1106 においても、実際には、透明度  $\alpha_j$  を任意の値にすることができるので、1 以外の値にしてもよい。

【0165】

次に、前記ステップ 1104 からステップ 1106 の処理を変数  $j=1$  まで行ったか判別する（ステップ 1107）。ここで、処理がまだ済んでいなければ、前記ステップ 1103 に戻って、処理を繰り返す。

【0166】

前記ステップ 1104 からステップ 1106 の処理を変数  $j=1$  まで行ったら、前記観察者視点  $P$  から見て画像面上の点  $A$  と重なる投影点  $T_j$  の前記存在確率  $\beta_j$  を透明度  $\alpha_j$  に変換する処理が終了する。その後、前記数式 2 3 及び数式 2 4 を用いた混合処理を行い、任意視点画像上の点  $A$  の色情報  $D_M$  を求める。そして、この処理を、前記任意視点画像上の全ての点（画素）について行えば、前記観察者の視点  $P$  から任意視点画像が得られる。

【0167】

また、このような任意視点画像を生成する画像生成装置の基本的な構成は、前記実施例 1 で説明した画像生成装置と同様の構成であり、図 15 に示した投影面情報—表示面情報変換手段 606 に相当する手段として、前述のような混合処理を行う手段を備えればよい。そのため、装置に関する説明は省略する。

#### 【0168】

以上説明したように、本実施例 2 の画像生成方法によれば、物体の正確な 3 次元形状を求めなくても、観察者の見た目に自然な任意視点画像を生成することができる。

#### 【0169】

また、本実施例 2 の任意視点画像表示方法でも、前記カメラセット  $E_h$  は、例えば、プログラマ的な処理により、表示する画像を生成する処理を行いながら、観察者が指定した条件に合うようなカメラセットを動的に設定してもよい。このとき、例えば、観察者が、前記画像条件入力手段から、前記相関度  $Q_j$  の分布あるいは閾値等の条件を入力し、その条件に合うようなカメラセットを探しながら前記ステップ 306 の処理を行えば、前記観察者が望んでいる画像に近い 3 次元像を表示することができると考えられる。

#### 【0170】

また、本実施例 2 の画像生成方法の場合も、取得する画像はカラー画像、白黒画像のどちらでもよく、白黒画像の場合は、前記色情報に相当する情報として、輝度情報 (Y) を用いて、前記実施例 1 で説明したような処理を行って物体の 3 次元形状を取得した後、本実施例 2 で説明したような手順で仮想視点画像を生成すればよい。

#### 【0171】

以上、本発明を、前記実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々変更可能であることはもちろんである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0172】

【図 1】本発明の画像生成方法の原理を説明するための模式図であり、生成方法の概念を説明する図である。

【図 2】本発明の画像生成方法の原理を説明するための模式図であり、図 1 を 2 次元的に表現した図である。

【図 3】本発明の画像生成方法の原理を説明するための模式図であり、図 3 (a) 及び図 3 (b) は対応点の相関度の求め方を説明する図である。

【図 4】本発明の画像生成方法の原理を説明するための模式図であり、図 4 (a) 及び図 4 (b) は対応点の相関度を求めるときに問題となる点を説明する図である。

【図 5】本発明の画像生成方法の原理を説明するための模式図であり、相関度を求めるときの問題を解決する方法を説明する図である。

【図 6】本発明の画像生成方法の原理を説明するための模式図であり、図 6 (a) 及び図 6 (b) は存在確率の精度を向上させる方法の一例を説明する図である。

【図 7】本発明の画像生成方法の原理を説明するための模式図であり、図 7 (a) 及び図 7 (b) は本発明の特徴を説明する図である。

【図 8】本発明の画像生成方法の原理を説明するための模式図であり、図 8 (a) 及び図 8 (b) は本発明の特徴を説明する図である。

【図 9】本発明による実施例 1 の画像生成方法を説明するための模式図であり、全体的な処理手順の一例を示すフロー図である。

【図 10】本発明による実施例 1 の画像生成方法を説明するための模式図であり、図 9 における投影点の色情報及び存在確率を決定するステップの処理手順の一例を示すフロー図である。

【図 11】本発明による実施例 1 の画像生成方法を説明するための模式図であり、図 10 における存在確率を決定するステップの一例を示すフロー図である。

【図 12】本発明による実施例 1 の画像生成方法を説明するための模式図であり、カメラセットの設定例を示す図である。

【図 13】本発明による実施例 1 の画像生成方法を説明するための模式図であり、投影面の情報を表示面の情報に変換する方法を説明する図である。

【図 14】本発明による実施例 1 の画像生成方法を説明するための模式図であり、図 14 (a) 及び図 14 (b) は投影面の情報を表示面の情報に変換する方法を説明する図である。

【図 15】本実施例 1 の画像生成方法を適用した画像生成装置の構成例を示すブロック図である。

【図 16】本実施例 1 の画像生成方法を適用した画像生成装置を用いた画像表示システムの構成例を示す図である。

【図 17】本実施例 1 の画像生成方法を適用した画像生成装置を用いた画像表示システムの他の構成例を示す図である。

【図 18】本発明による実施例 2 の画像生成方法を説明するための模式図であり、全体的な処理手順の一例を示すフロー図である。

【図 19】本発明による実施例 2 の画像生成方法を説明するための模式図であり、レンダリングの原理を説明する図である。

【図 20】本発明による実施例 2 の画像生成方法を説明するための模式図であり、本実施例 2 の画像生成方法で問題となる点を説明する図である。

【図 21】本発明による実施例 2 の画像生成方法を説明するための模式図であり、本実施例 2 の画像生成方法で問題となる点の解決方法を説明する図である。

【図 22】本発明による実施例 2 の画像生成方法を説明するための模式図であり、存在確率を透明度に変換する処理手順の一例を示すフロー図である。

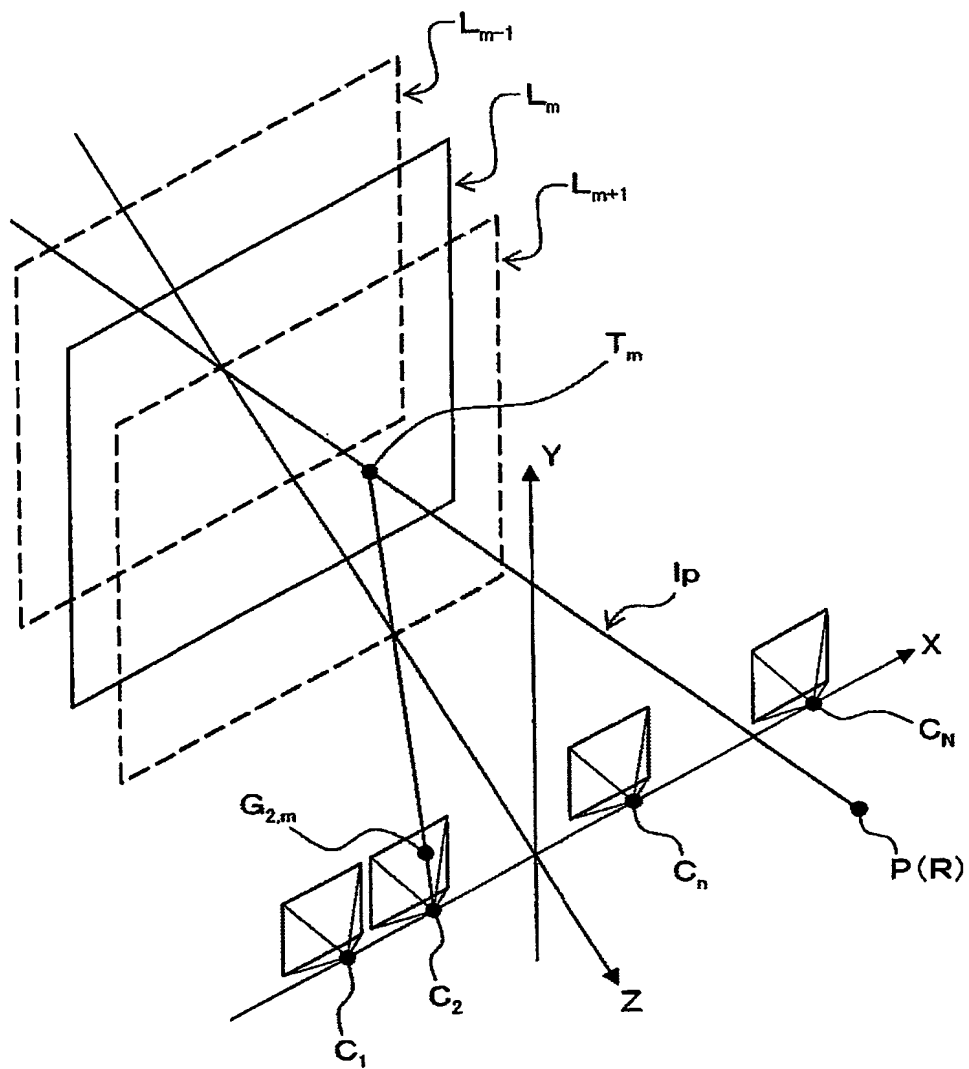
【符号の説明】

【0173】

- 6, 6A, 6B, 6C…画像生成装置
- 601…被写体画像取得手段
- 602…観察者視点設定手段
- 603…投影面設定手段
- 604…投影面情報格納領域確保手段
- 605…色情報／存在確率決定手段
- 606…投影面情報－表示面情報変換手段
- 607…画像出力手段
- 7, 7A, 7B…画像表示手段
- 8, 8A, 8B…被写体画像撮影手段
- 9, 9A, 9B…基準視点入力手段

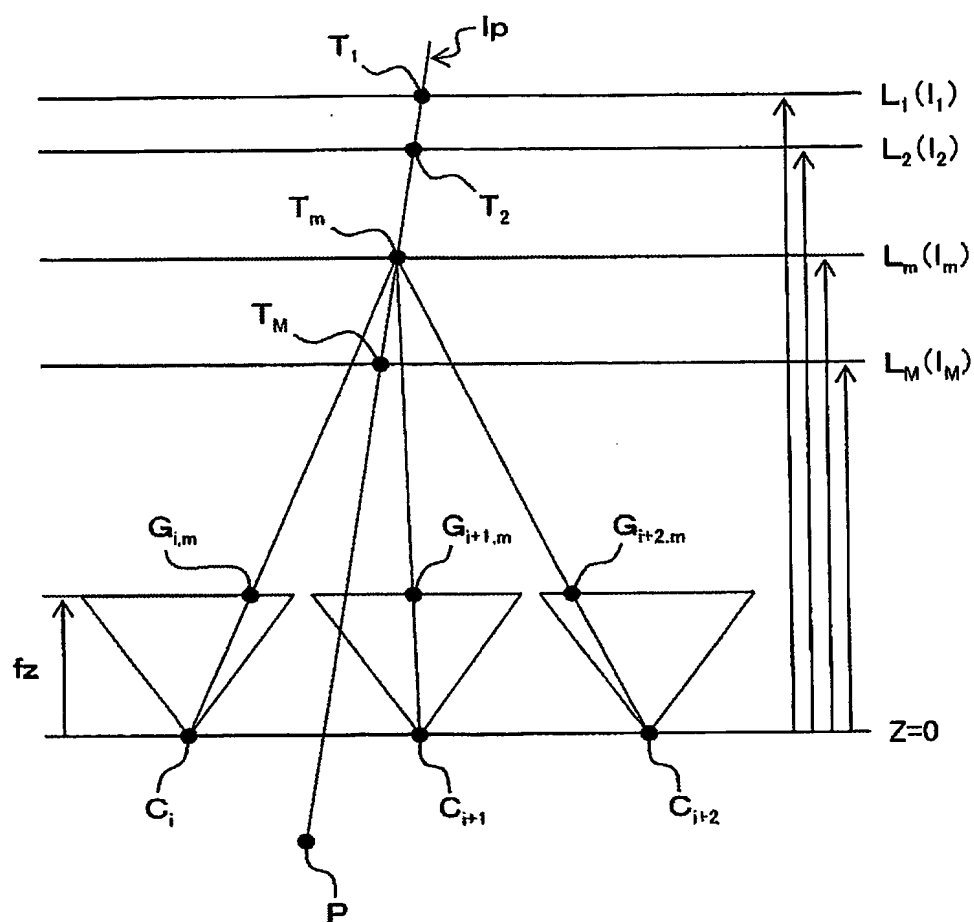
【書類名】 図面  
【図 1】

図 1



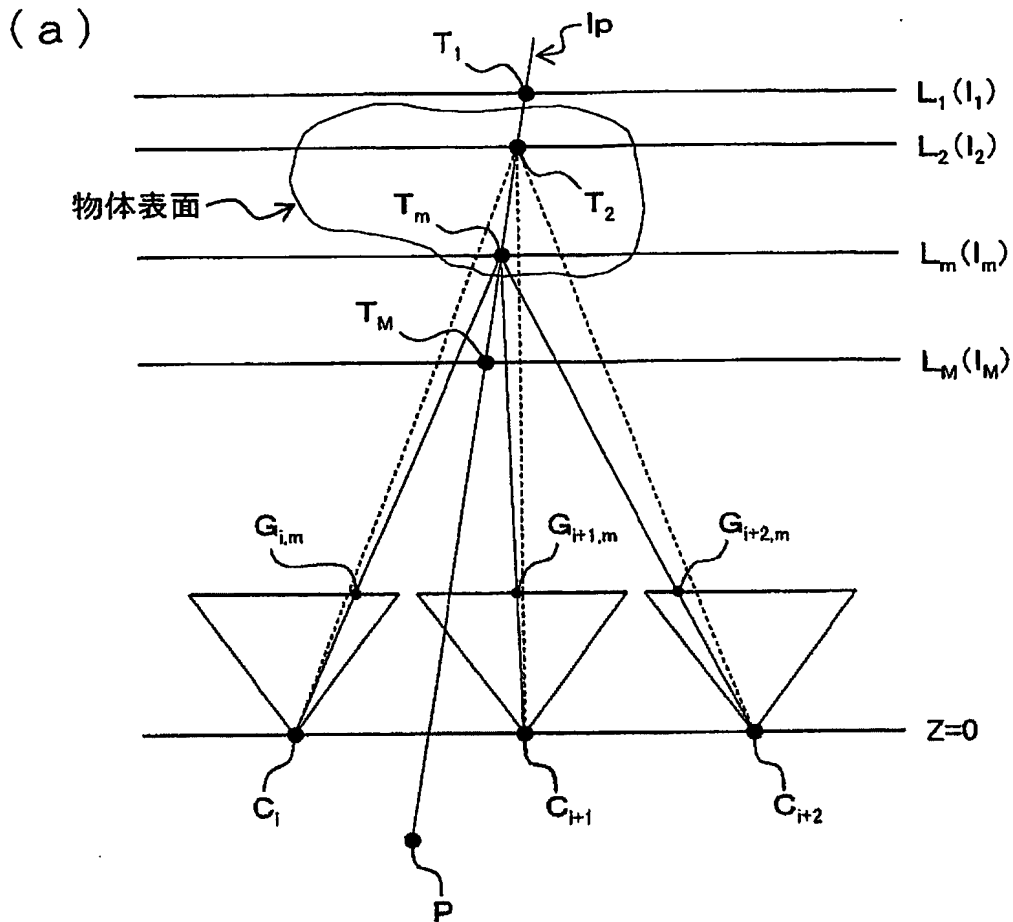
【図 2】

図2



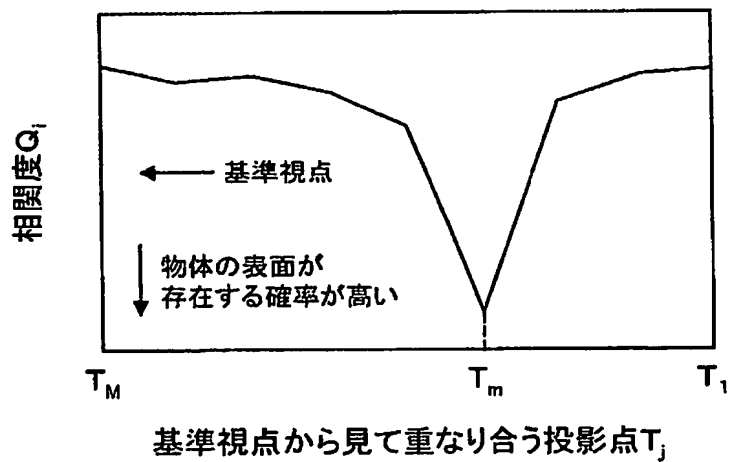
【図3】

図3



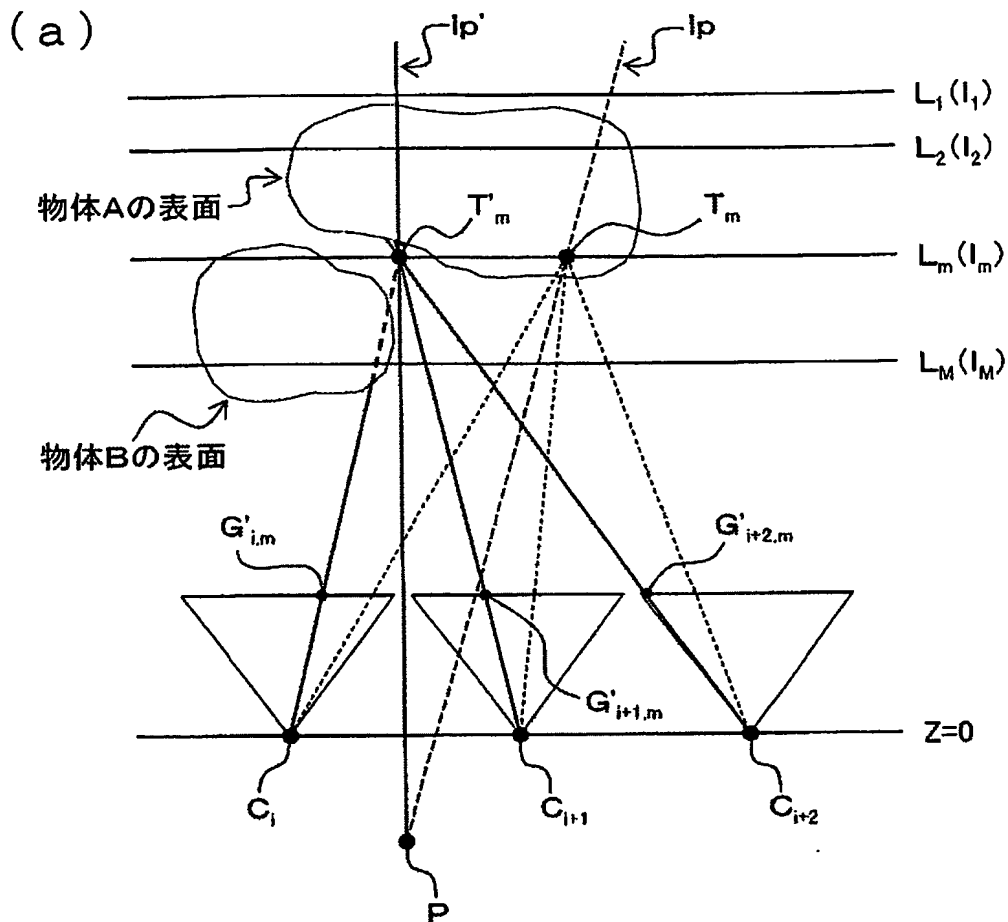
(b)

(推定した距離の信頼性が高い例)



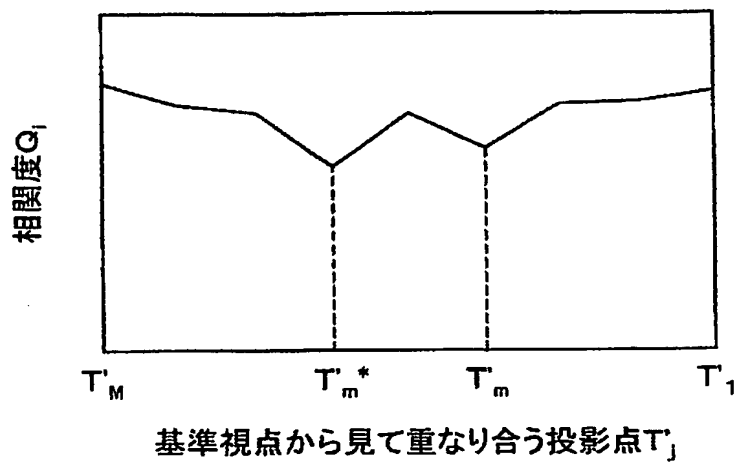
【図 4】

図4



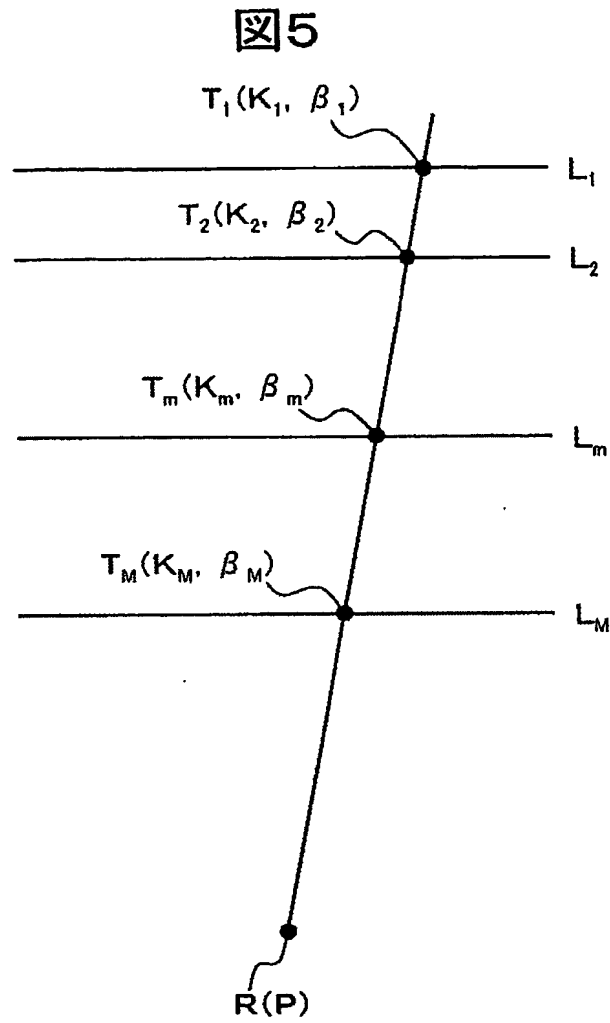
(b)

(推定した距離の信頼性が低い例)





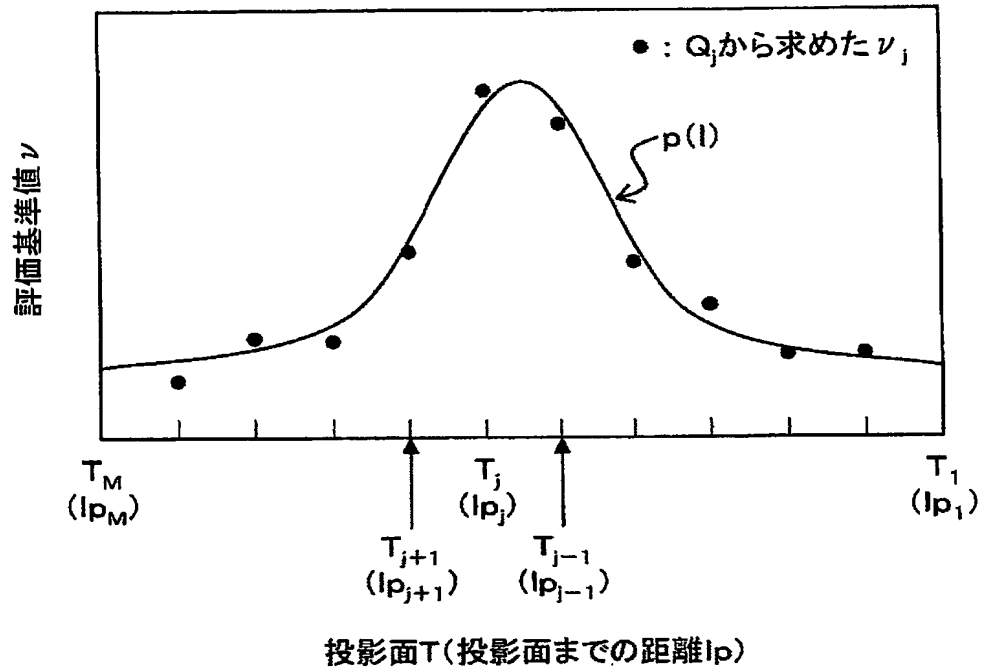
【図 5】



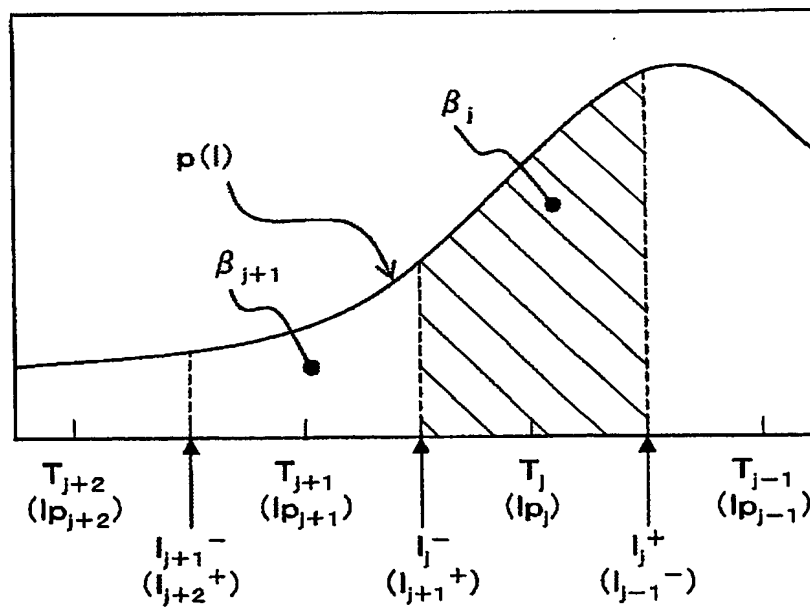
【図 6】

図 6

(a)

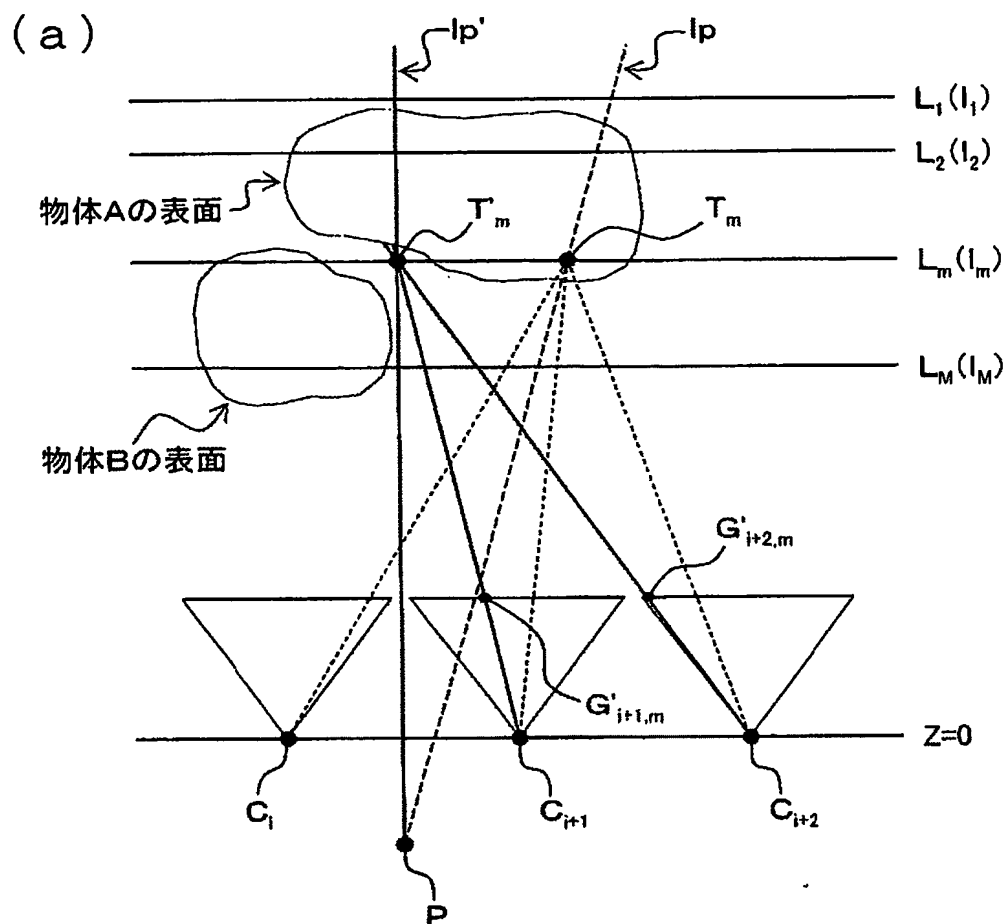


(b)

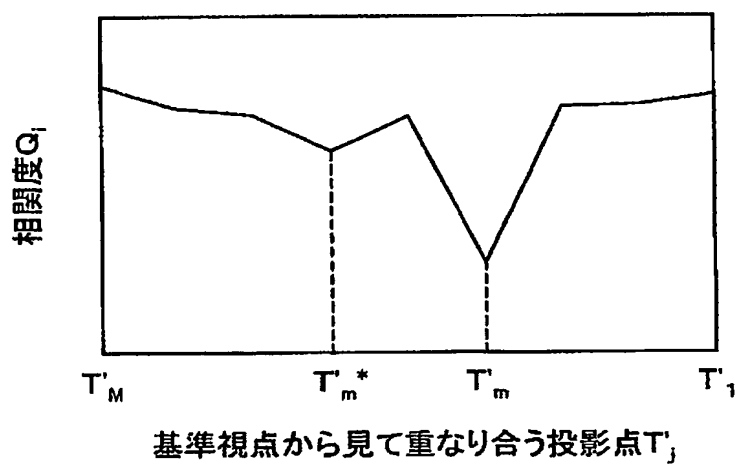


【図 7】

図 7

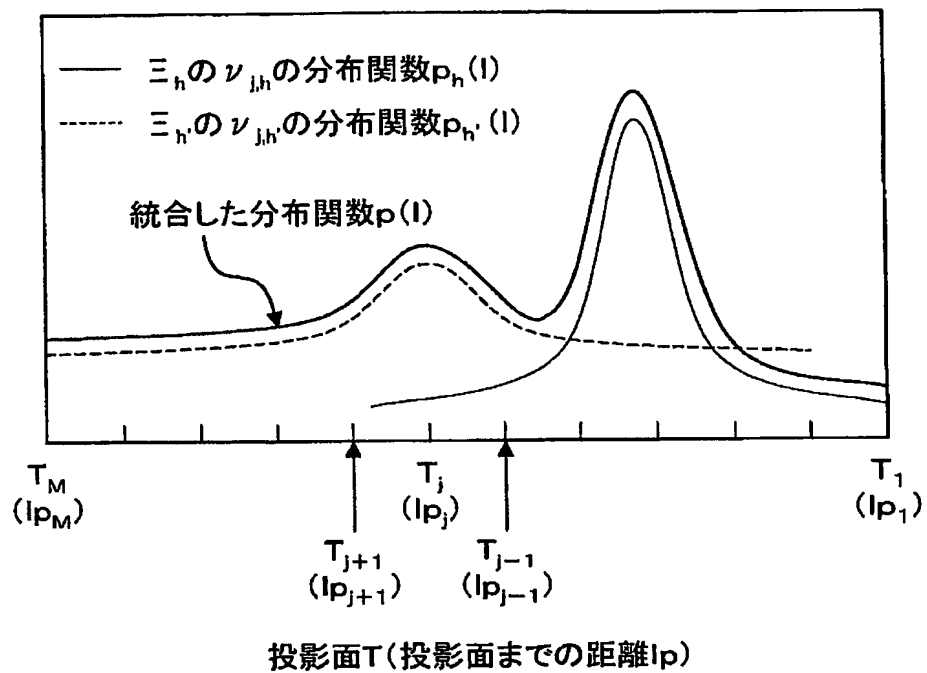


(b)



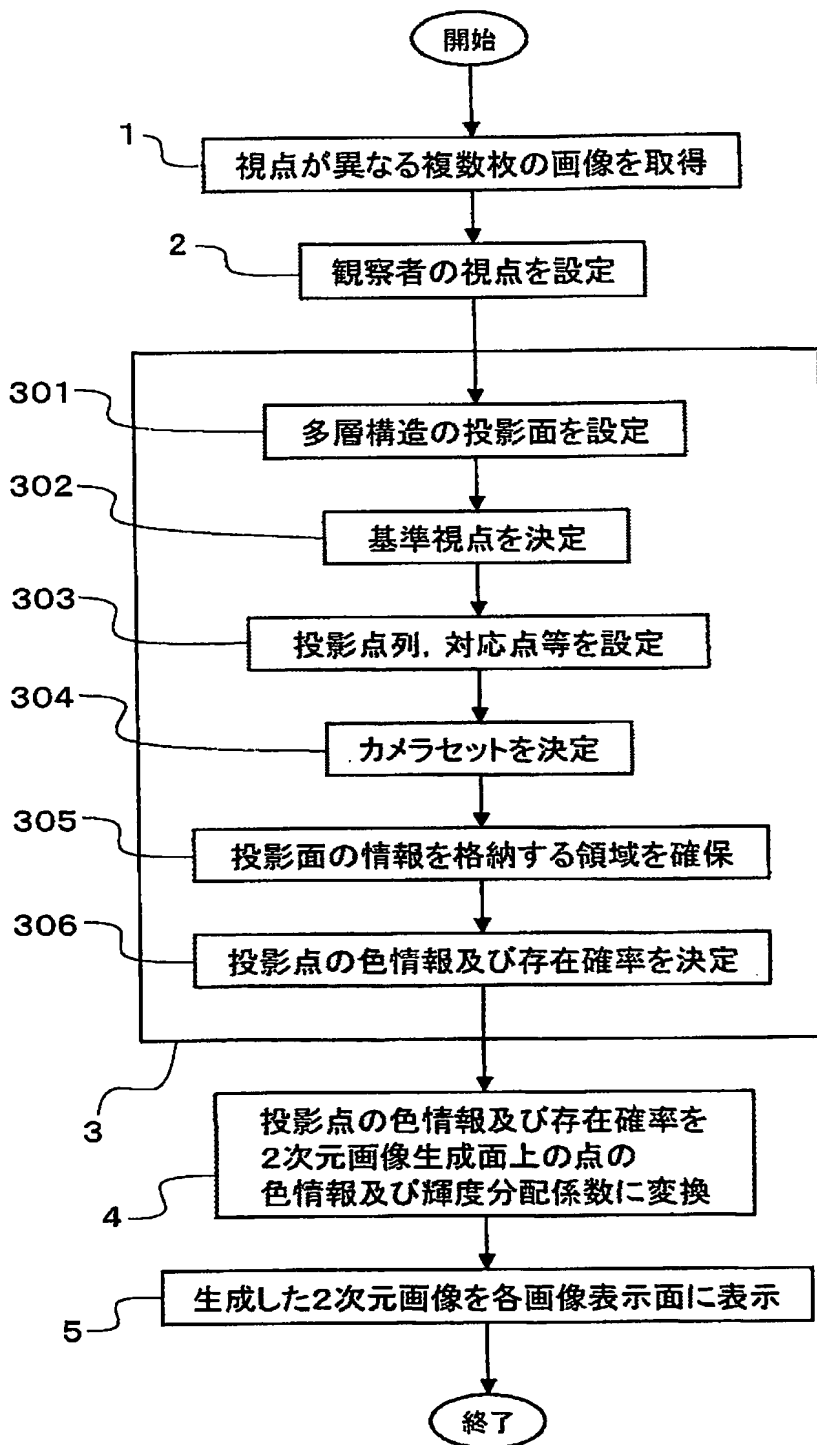
【図 8】

図 8



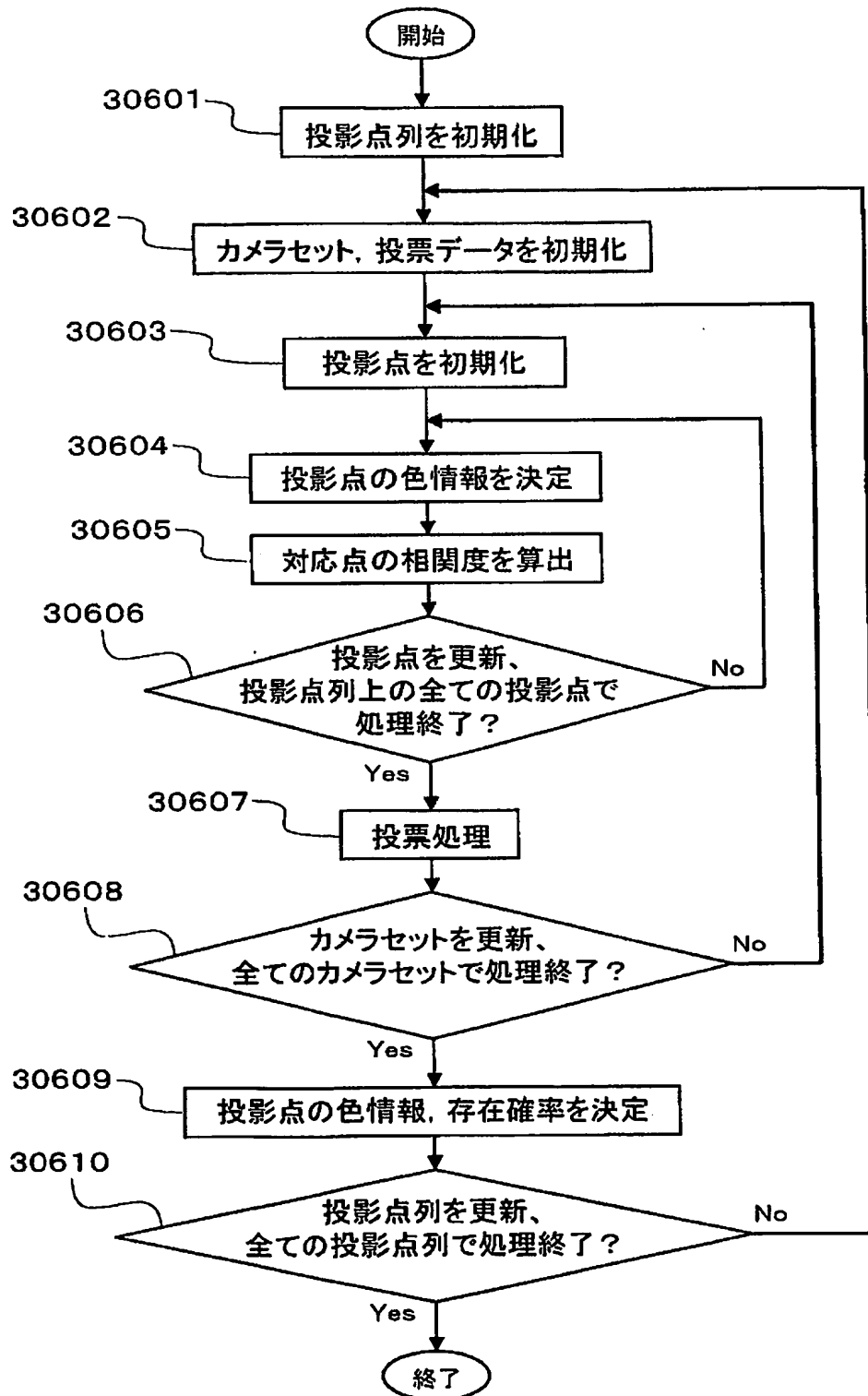
【図 9】

図 9



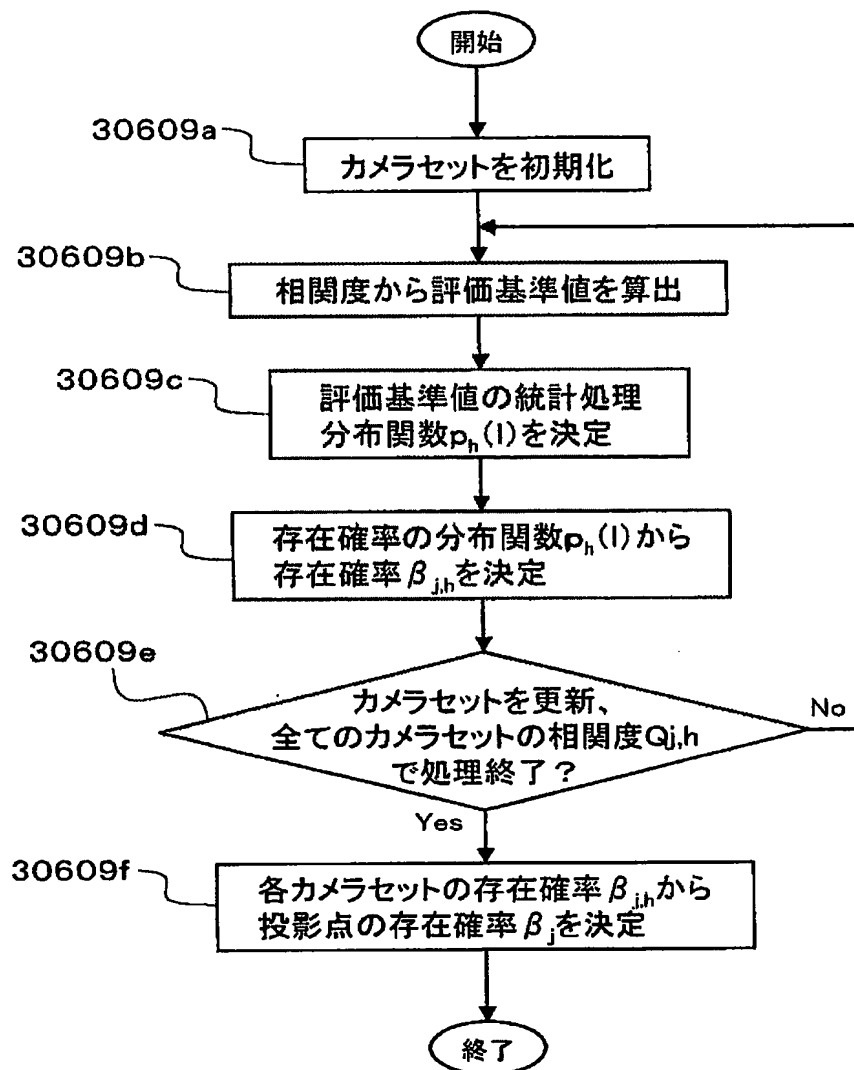
【図 10】

図 10



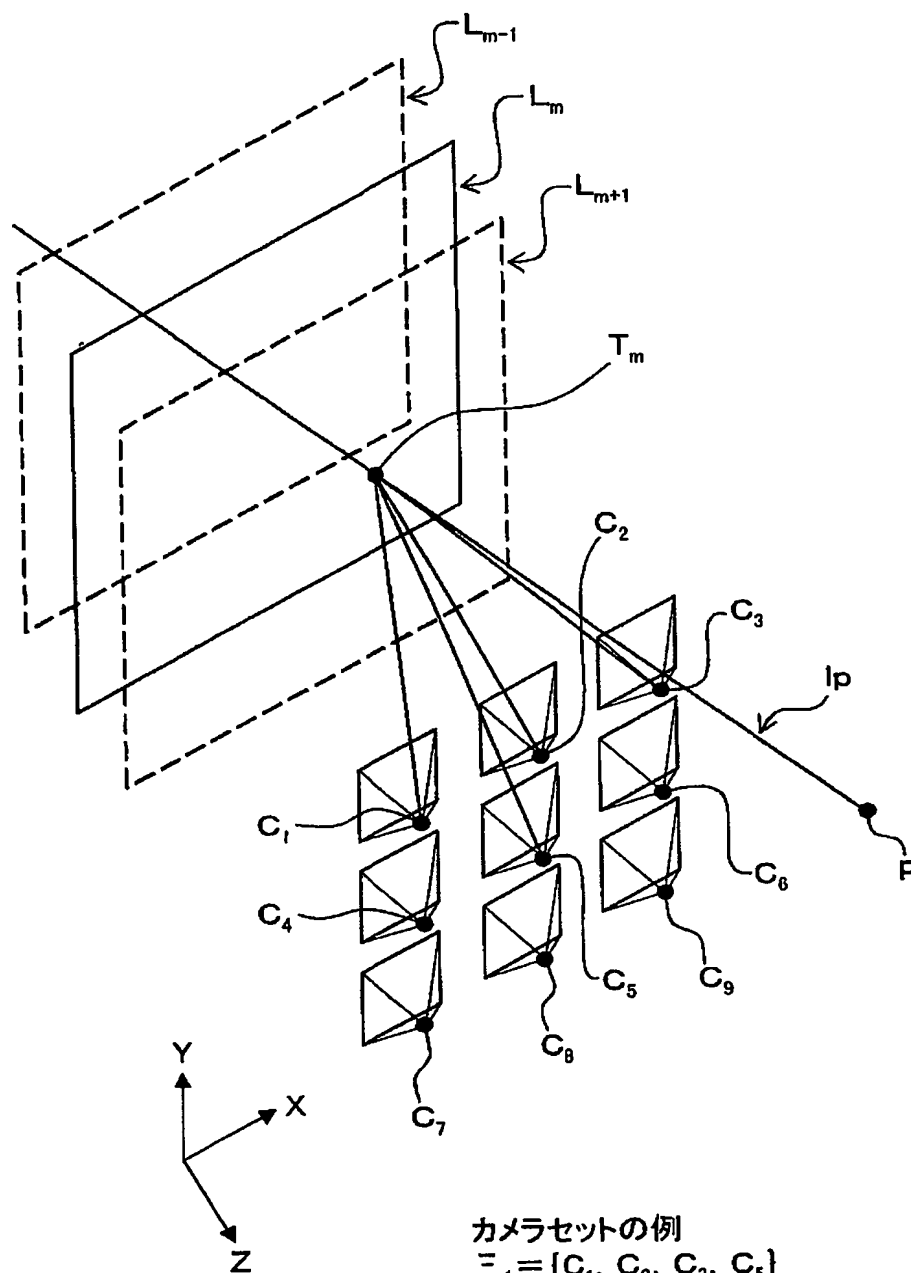
【図 11】

図 11



【図 12】

図12



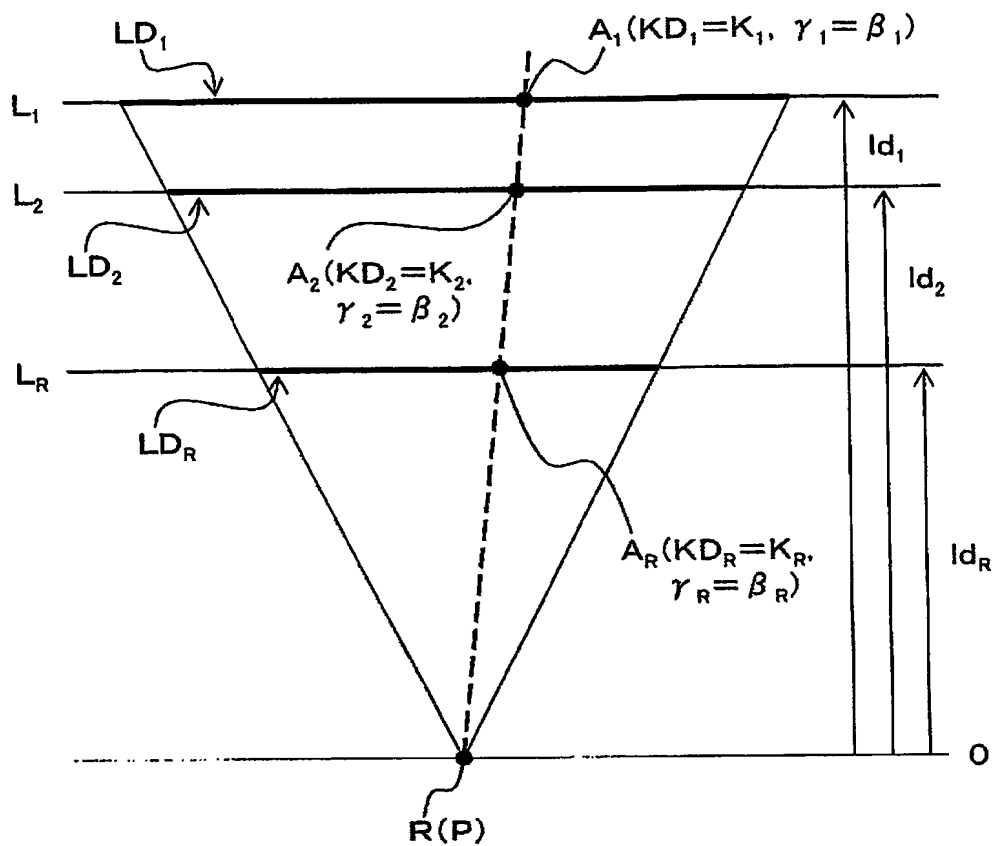
カメラセットの例

- $\Xi_1 = \{C_1, C_2, C_3, C_5\}$
- $\Xi_2 = \{C_3, C_5, C_6, C_9\}$
- $\Xi_3 = \{C_5, C_7, C_8, C_9\}$
- $\Xi_4 = \{C_1, C_4, C_5, C_7\}$



【図 13】

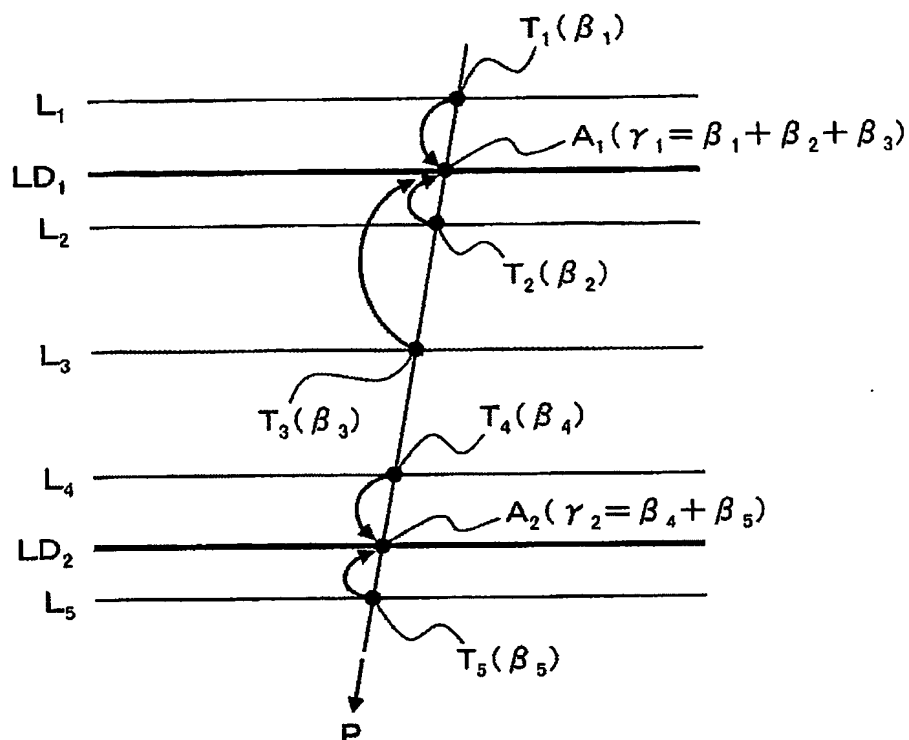
図13



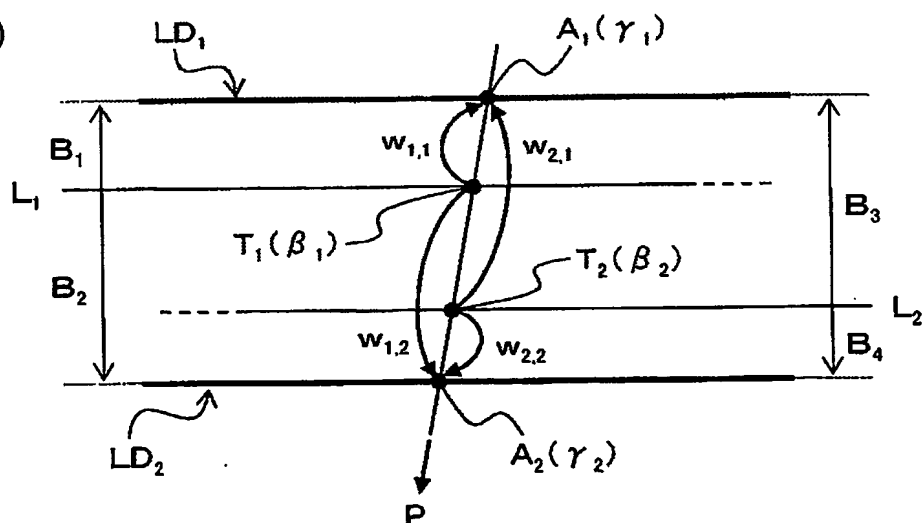
【図 14】

图 14

(a)

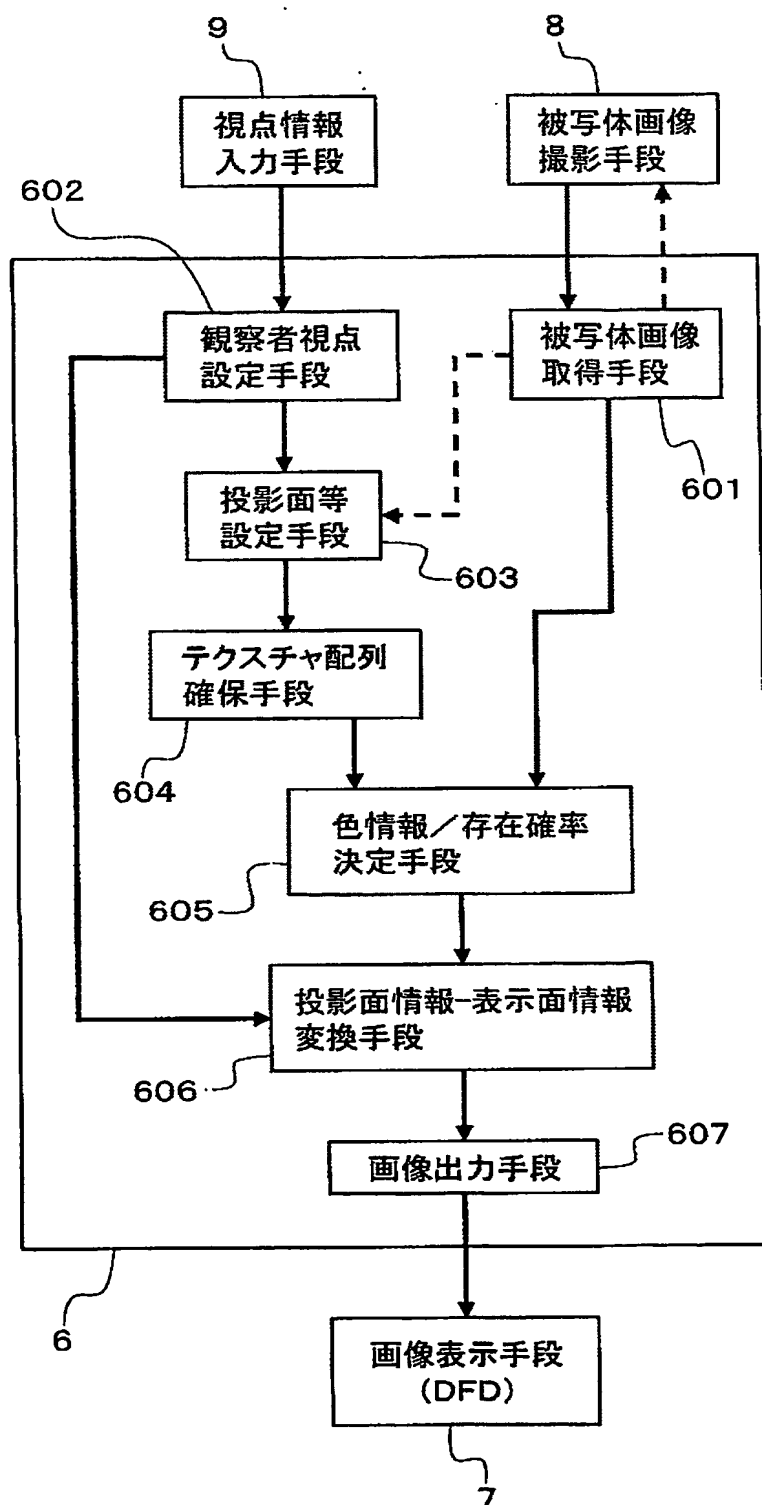


(b)



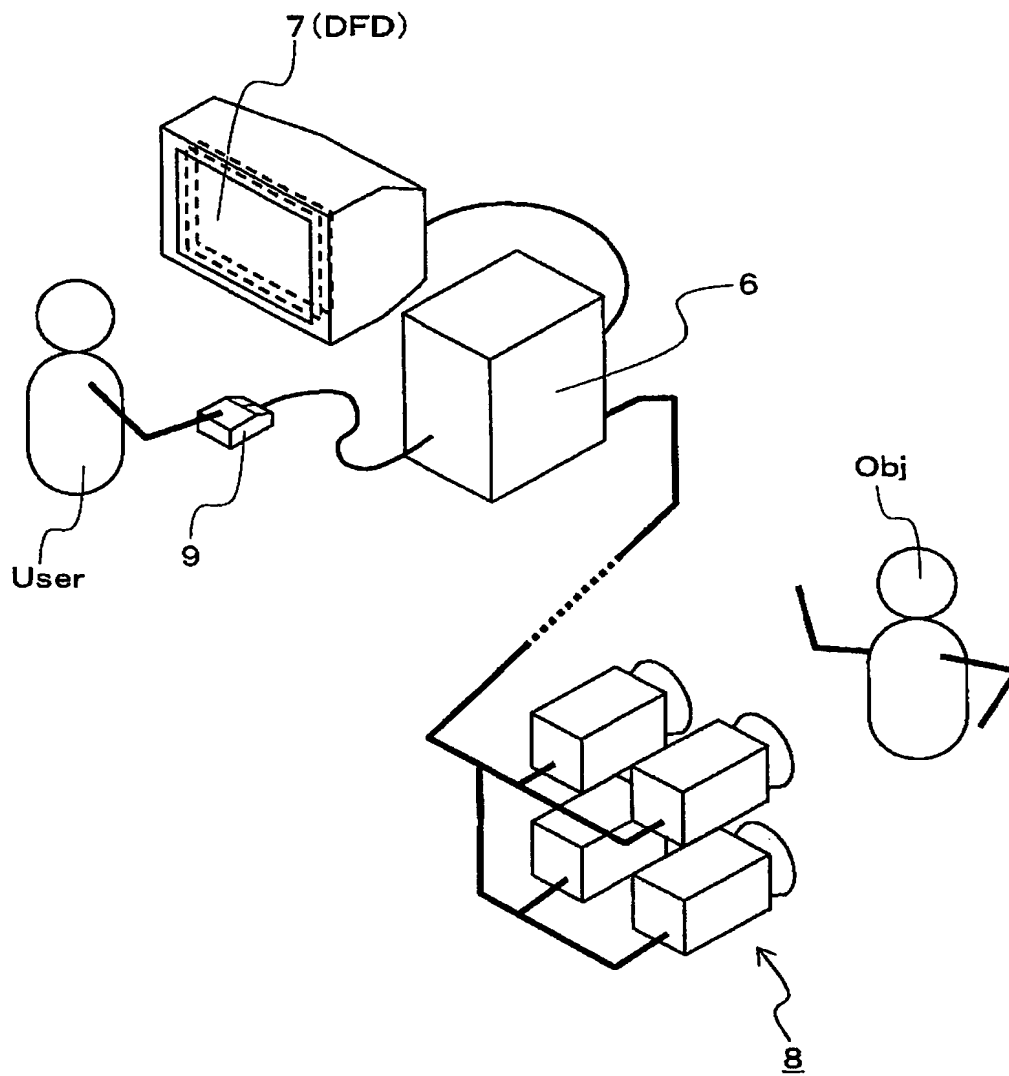
【図 15】

図 15



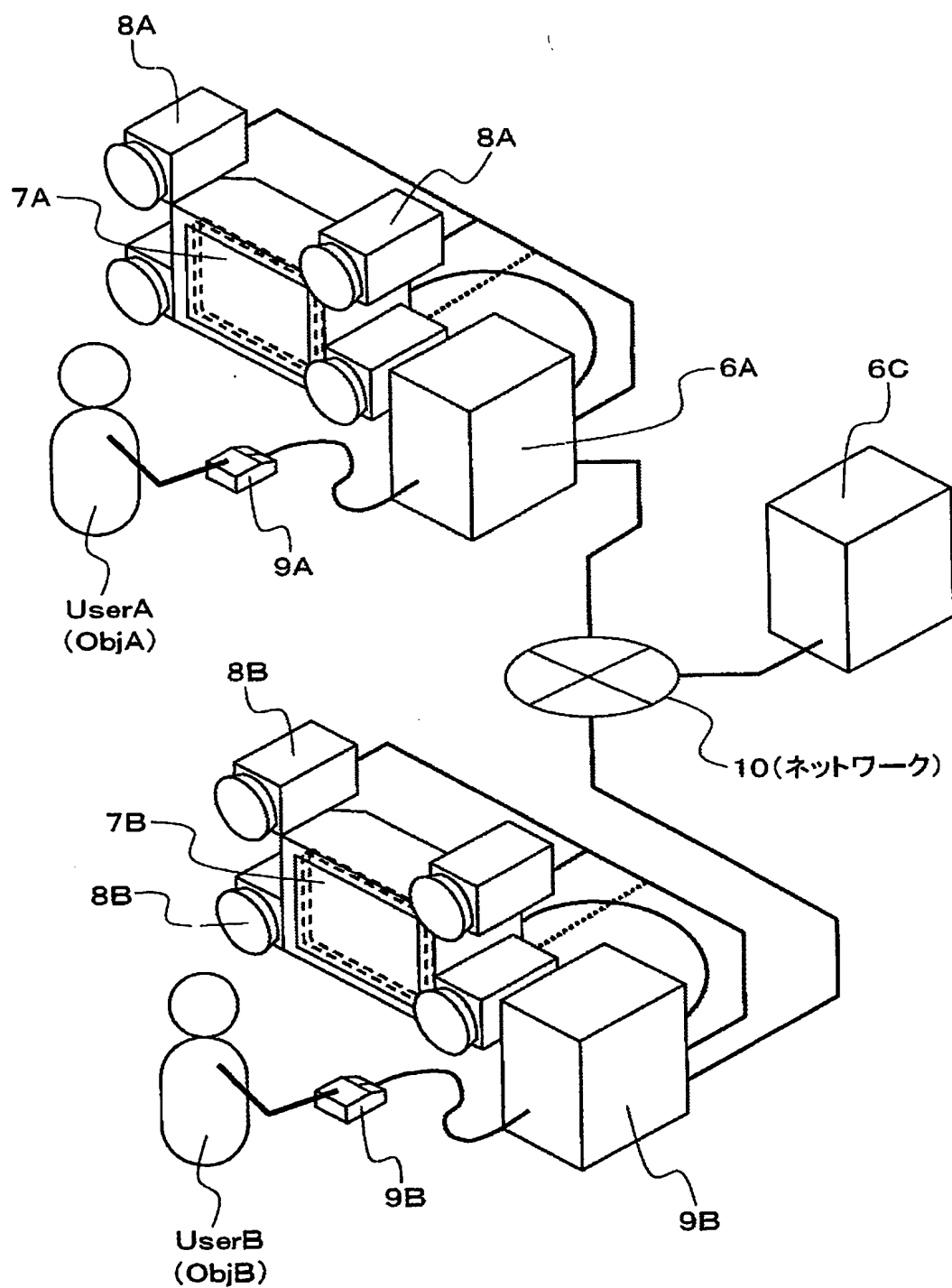
【図 16】

図 16



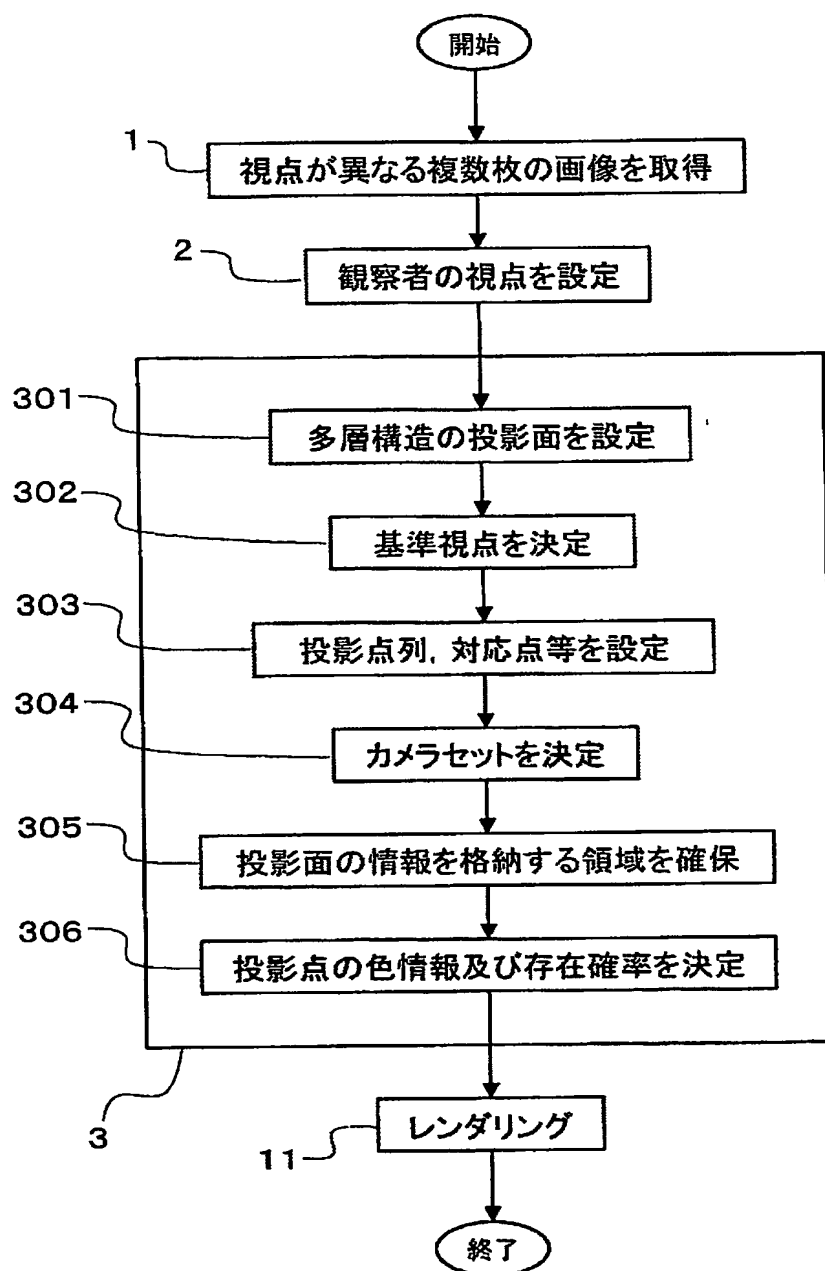
【図17】

図17



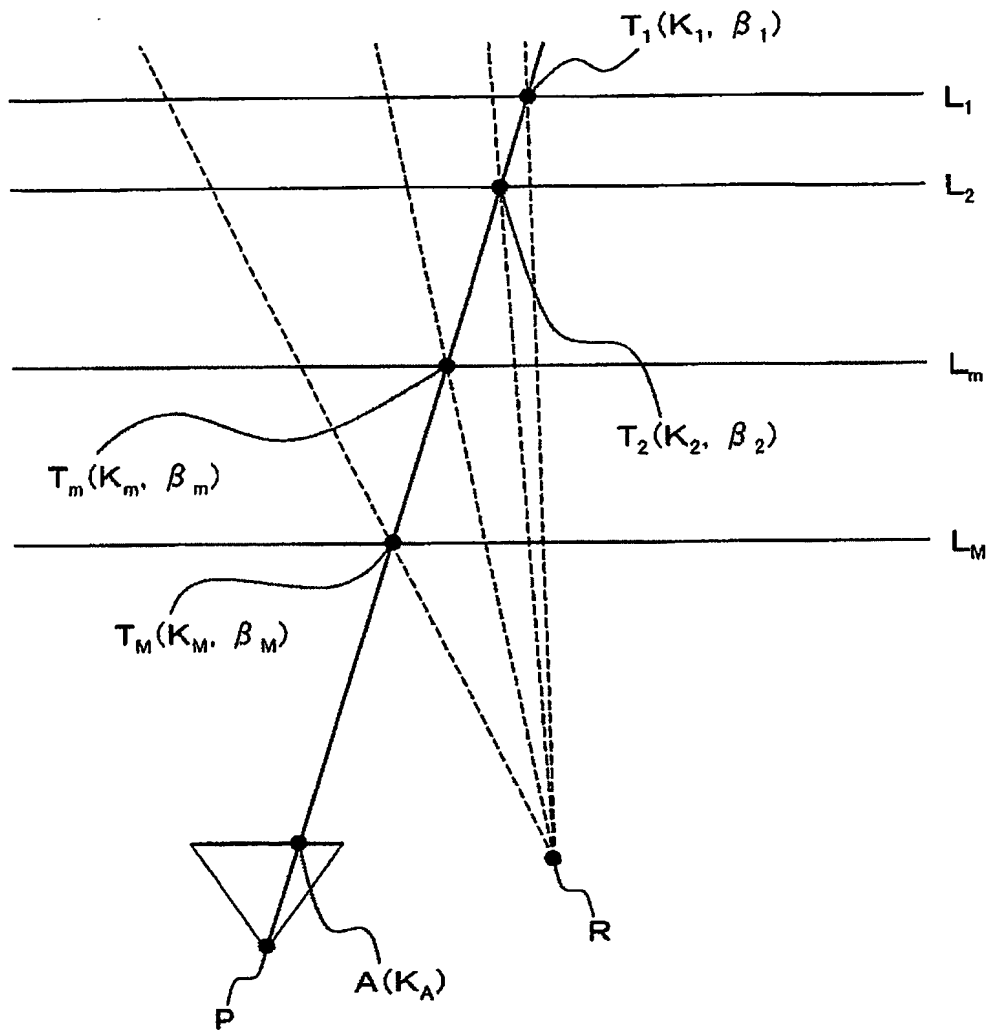
【図18】

図18



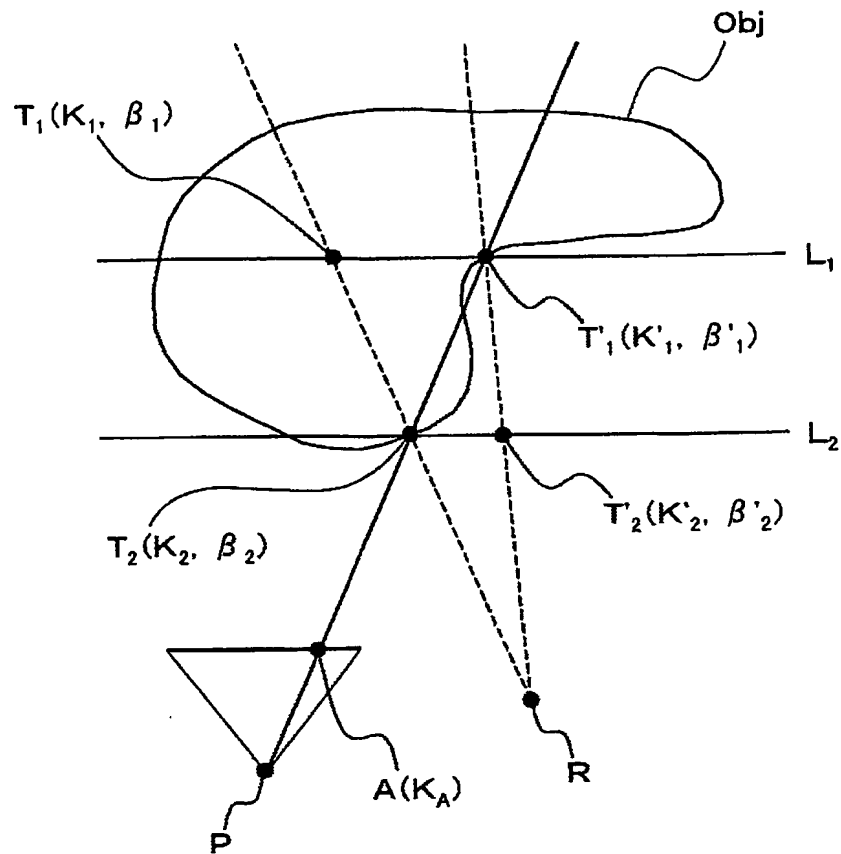
【図 19】

図 19



【図 20】

図20



$$\beta_1 \equiv 0, \quad \beta_2 \equiv 1$$

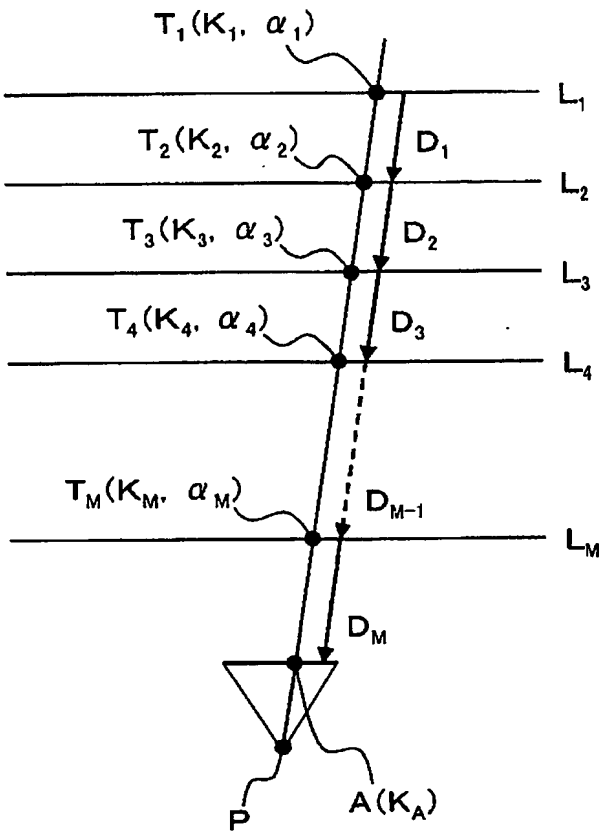
$$\beta'_1 \equiv 1, \quad \beta'_2 \equiv 0$$

$$K_A = \beta'_1 K'_1 + \beta_2 K_2 \doteq K'_1 + K_2$$



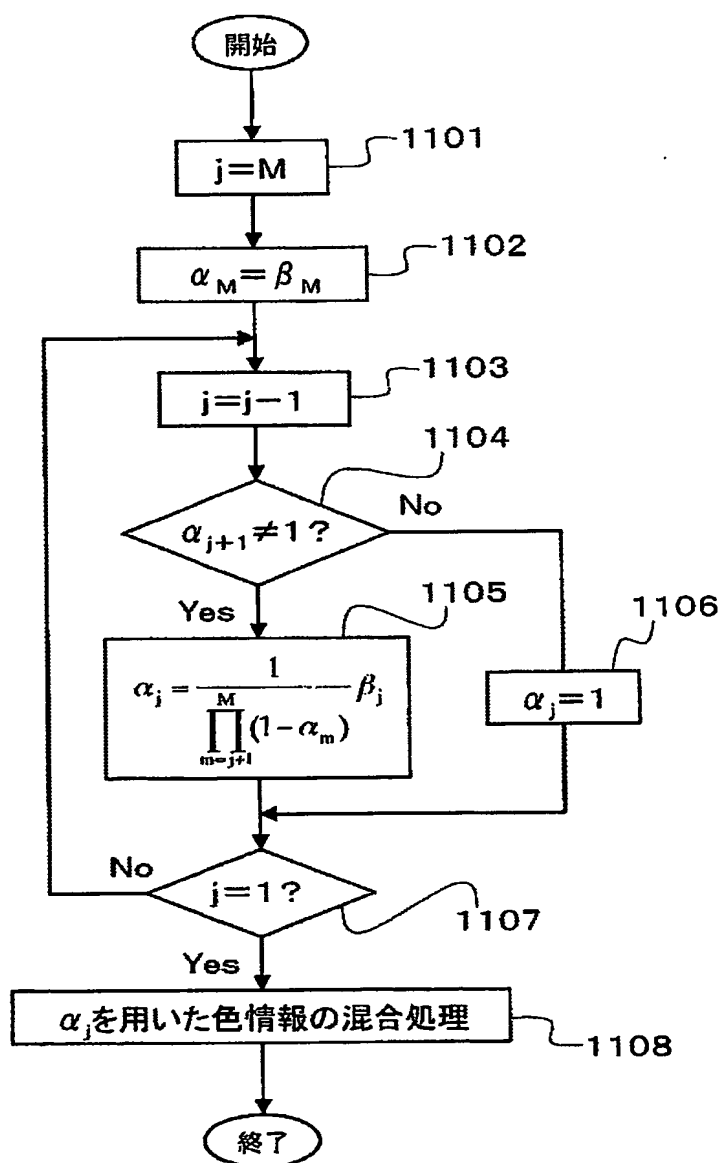
【図 21】

図 21



【図22】

図22



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 視点が異なる複数枚の画像から物体の 3 次元形状を取得して前記物体の画像を生成するときに、物体の正確な 3 次元形状を求めなくても、見た目に自然な画像を生成する。

**【解決手段】** 複数の異なる視点から被写体を撮影した画像を取得するステップと、前記複数枚の画像から前記被写体の 3 次元形状を取得するステップと、取得した前記被写体の 3 次元形状に基づいて、観察者の視点から見た前記被写体の画像を生成するステップとを有する画像生成方法であって、前記被写体の 3 次元形状を取得するステップは、仮想的な 3 次元空間上に多層構造の投影面を設定するステップと、前記被写体の 3 次元形状を取得するための基準視点を決定するステップと、前記投影面上の点（投影点）と対応する前記取得した画像上の点（対応点）の色情報から、前記投影点の色情報を決定するステップと、前記投影点と対応する対応点間の相関度を算出するステップと、前記基準視点から見て重なり合う複数の投影点について、前記各投影点の相関度に基づいて、前記各投影点に物体の表面が存在する確率（存在確率）を決定するステップとを有し、前記相関度を算出するステップは、前記複数の視点の中から選んだいくつかの視点の組み合わせ（カメラセット）を複数組用意するステップと、前記各カメラセットに含まれる画像上の対応点から相関度を求めるステップとを有し、前記存在確率を決定するステップは、前記カメラセット毎に求めた前記各投影点の相関度に基づいた存在確率を算出するステップと、前記カメラセット毎に決定した存在確率の統合処理をして前記各投影点の存在確率を決定するステップとを有する。

**【選択図】**

図 7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2004-016831
受付番号	50400120909
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成16年 1月27日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成16年 1月26日
-------	-------------

特願 2004-016831

出願人履歴情報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名

日本電信電話株式会社